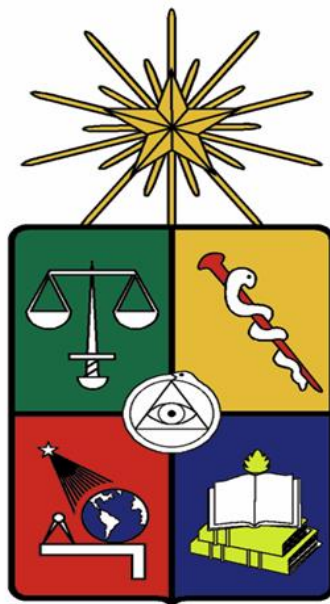


**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS**



**DESARROLLO DE UNA MEZCLA ALIMENTICIA EN POLVO DE  
BALANCEADO VALOR PROTEICO Y LIBRE DE GLUTEN, A BASE DE  
CEREALES Y LEGUMINOSAS**

Tesis para optar el grado de Magister en Alimentos, mención Gestión Calidad e  
Inocuidad de los Alimentos

Presentado por:

**Robinson Marlon Aylas Huaman**

Directores de Tesis:

Mg. Andrea Bunger  
Dr. Franco Pedreschi  
Dr. Rommy Zuñiga  
Ing. M.<sup>a</sup> Teresa Comparini

**SANTIAGO DE CHILE**

**2017**

## ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ABSTRACT .....	ii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. DIETA VEGETARIANA.....	3
2.2. ALERGIAS ALIMENTARIAS.....	5
2.2.1. Dieta libre de gluten: Enfermedad celíaca .....	6
2.3. COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS .....	7
2.4. CARACTERÍSTICAS DE CEREALES Y PSEUDOCEREALES .....	8
2.4.1. Cereales.....	8
2.4.2. Pseudocereales .....	12
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS LEGUMINOSAS.....	16
2.6. HARINAS EXTRUIDAS .....	19
2.7. NECESIDADES DE PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS .....	20
2.8. VALOR NUTRICIONAL DE LAS PROTEÍNAS DE CEREALES Y LEGUMINOSAS .....	23
2.8.1. Mezcla de leguminosas y cereales.....	23
2.8.2. Estudios realizados con mezclas de cereales/leguminosas.....	24
III. HIPÓTESIS.....	31
IV. OBJETIVOS.....	31
4.1. General.....	31
4.2. Específicos .....	31
V. METODOLOGÍA .....	32
5.1. Proceso de elaboración y desarrollo de la formulación .....	32
5.2. Selección de las harinas extruidas para la formulación.....	33
5.3. Materias primas .....	34
5.4. Caracterización de las harinas y formulación de mezclas .....	37
5.4.1. Caracterización de harinas.....	37

5.4.2.	Formulación de mezclas.....	39
5.5.	Optimización de las formulaciones por programación lineal.....	40
5.5.1.	Obtención de la mezcla final .....	41
5.5.2.	Evaluación sensorial .....	41
5.5.3.	Características fisicoquímicas .....	42
5.6.	Caracterización de la mezcla óptima .....	44
5.6.1.	Análisis microbiológico .....	44
5.6.2.	Análisis de peróxidos .....	44
5.6.3.	Análisis proximal .....	44
5.7.	Composición de aminoácidos esenciales de la mezcla óptima .....	44
5.8.	Estudio exploratorio de consumo del producto en hogares.....	45
5.9.	Análisis estadísticos .....	46
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	47
6.1.	Selección de las harinas extruidas para la formulación.....	47
6.2.	Caracterización de las harinas y formulación de mezclas .....	49
6.2.1.	Caracterización de las harinas .....	49
6.2.2.	Formulación de mezclas.....	55
6.3.	Optimización de la formulación por programación lineal .....	56
6.3.1.	Evaluación sensorial .....	62
6.3.2.	Características fisicoquímicas .....	65
6.4.	Caracterización de la mezcla óptima (A+Q+Lu).....	72
6.4.1.	Análisis microbiológico .....	72
6.4.2.	Análisis de peróxidos .....	73
6.4.3.	Análisis proximal .....	73
6.5.	Composición de aminoácidos esenciales de la mezcla óptima .....	76
6.6.	Estudio exploratorio de consumo del producto en hogares.....	80
VII.	CONCLUSIONES .....	88
VIII.	BIBLIOGRAFÍA .....	90
IX.	ANEXOS .....	98
ANEXO 1.	Planilla en Excel para formulación de mezclas.....	98

ANEXO 2. Cantidad de vitaminas y minerales que deben contener los alimentos para regímenes especiales .....	99
ANEXO 3. Ficha de evaluación sensorial .....	100
ANEXO 4. Receta opcional para preparación de la mezcla alimenticia .....	105
ANEXO 5. Encuesta para estudio exploratorio de consumo en hogares .....	106
ANEXO 6. Composición de aminoácidos esenciales de las tres mezclas seleccionadas.....	109
ANEXO 7. Resultados del análisis de varianza para evaluar diferencias entre las tres mezclas seleccionadas .....	110
ANEXO 8. Perfil aminoacídico de la mezcla optima .....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Subtipos de la dieta vegetariana y sus características.....	3
<b>Tabla 2.</b> Composición química de cereales libres de gluten, en base a 100 g de alimento.....	9
<b>Tabla 3.</b> Composición de aminoácidos esenciales en el grano de arroz, en base a 100 gramos de proteína.....	10
<b>Tabla 4.</b> Composición de aminoácidos esenciales del grano de maíz amarillo, en base a 100 g de proteína.....	11
<b>Tabla 5.</b> Composición de aminoácidos esenciales del grano de sorgo, en base a 100 g de proteína.....	12
<b>Tabla 6.</b> Composición química del grano de quinoa y amaranto, en base a 100 gramos de alimento.....	13
<b>Tabla 7.</b> Composición de aminoácidos esenciales en el grano de quinoa, en base a 100 gramos de proteína.....	14
<b>Tabla 8.</b> Composición de aminoácidos esenciales en la semilla de amaranto, en base a 100 gramos de proteína.....	15
<b>Tabla 9.</b> Composición química de leguminosas, en base a 100 gramos de alimento.....	17
<b>Tabla 10.</b> Composición de aminoácidos esenciales de leguminosas no considerados alérgenos, en base a 100 g de proteína.....	18
<b>Tabla 11.</b> Requerimiento de proteínas por grupo de edades para ambos sexos, en g de proteína/kg de peso corporal/día.....	20
<b>Tabla 12.</b> Patrón e ingesta diaria de aminoácidos sugerido por la FAO/OMS/ONU (2007).....	22
<b>Tabla 13.</b> Contenido de proteína en pinoles (polvo) de diferente composición.....	25
<b>Tabla 14.</b> Contenido de aminoácidos esenciales en el pinole de maíz y pinoles elaborados con mezclas de cereales y leguminosas (producto en polvo).....	26

<b>Tabla 15.</b> Composición química y perfil de aminoácidos de la mezcla de harina de maíz y harina de garbanzo.....	27
<b>Tabla 16.</b> Precio por kilogramo de las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce. ....	34
<b>Tabla 17.</b> Composición de ácidos grasos en el aceite coco (Cocos nucífera L.) .....	35
<b>Tabla 18.</b> Cantidad de vitaminas y minerales agregados en la formulación de la mezcla alimenticia (MA).....	36
<b>Tabla 19.</b> Criterios microbiológicos para caracterizar las harinas extruidas. ....	37
<b>Tabla 20.</b> Cereales y leguminosas con características adecuadas para la formulación de la mezcla alimenticia.....	48
<b>Tabla 21.</b> Resultados del análisis microbiológico de las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce (los valores corresponde al promedio de 3 repeticiones). ....	50
<b>Tabla 22.</b> Composición proximal de las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce (en g de componente/ 100 g de harina). ....	51
<b>Tabla 23.</b> Composición de aminoácidos para las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce. ....	54
<b>Tabla 24.</b> Combinación de harinas de cereales y leguminosas. ....	55
<b>Tabla 25.</b> Contenido de proteína en las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce, determinado por HPLC (g /100 g de harina). ....	57
<b>Tabla 26.</b> Resultados de la optimización por programación lineal. ....	58
<b>Tabla 27.</b> Costo final de las mezclas en 100 gramos de producto (CLP).....	60
<b>Tabla 28.</b> Resultados de la evaluación sensorial de las tres mezclas.....	63
<b>Tabla 29.</b> Resultados de la prueba de ordenamiento por preferencia.....	64
<b>Tabla 30.</b> Valores de los parámetros del modelo Ostwald de Waele, para las tres mezclas formuladas.....	65
<b>Tabla 31.</b> Índice de solubilidad en agua de las tres mejores mezclas formuladas. ....	69

<b>Tabla 32.</b> Índice de estabilidad turbiscan (TSI) de las tres mezclas a 1 h. ....	71
<b>Tabla 33.</b> Resultados del análisis microbiológico, para la mezcla más aceptada (A+Q+Lu).....	72
<b>Tabla 34.</b> Resultados del análisis proximal de la mezcla A+Q+Lu de mayor aceptación. ....	73
<b>Tabla 35.</b> Composición químico proximal de la mezcla alimenticia y comparación con los nutrientes de la leche entera en polvo (en base a 100 g de alimento). .	75
<b>Tabla 36.</b> Límites de energía, azúcares, sodio y grasas saturadas. ....	75
<b>Tabla 37.</b> Aporte de proteínas de productos comerciales, similares a la mezcla alimenticia.....	76
<b>Tabla 38.</b> Características que gustaron, mencionadas en forma espontánea...	82
<b>Tabla 39.</b> Características que desagradaron, mencionadas en forma espontánea. ....	83
<b>Tabla 40.</b> Productos disponibles en el mercado de características similares a la mezcla alimenticia. ....	87
<b>Tabla 41.</b> Cantidades de vitaminas y minerales que deben contener los alimentos para regímenes especiales. ....	99
<b>Tabla 42.</b> Composición de aminoácidos esenciales de las tres mezclas seleccionadas y comparación con el patrón de la FAO 2007 (g/100 g de proteína). ....	109
<b>Tabla 43.</b> Resultados del análisis de varianza para evaluar diferencias entre las mezclas. ....	110
<b>Tabla 44.</b> Prueba de comparación múltiple para determinar mezcla de mayor aceptación. ....	110
<b>Tabla 45.</b> Perfil aminoácídico de la mezcla A+Q+Lu, comparado con el patrón de la FAO 2007 (g/100 g de proteína). ....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo para la obtención de la mezcla alimenticia. ....	32
<b>Figura 2.</b> Comparación del contenido de aminoácidos esenciales de las tres mejores mezclas encontradas con el patrón de la FAO/OMS 2007. ....	61
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de la viscosidad aparente frente al gradiente de deformación, para las tres mezclas a 25 °C y 30 °C. ....	66
<b>Figura 4.</b> Curvas de flujo para las tres mezclas evaluadas a una temperatura de 25 °C. ....	68
<b>Figura 5.</b> Curvas de flujo para las tres mezclas evaluadas a una temperatura de 30 °C. ....	68
<b>Figura 6.</b> Índice de estabilidad turbiscan (TSI) de las tres mejores mezclas formuladas. ....	70
<b>Figura 7.</b> Contenido de aminoácidos esenciales de la mezcla A+Q+Lu determinado por HPLC y comparación con los resultados de la optimización y patrón de la FAO/OMS-2007. ....	77
<b>Figura 8.</b> Comparación de los aminoácidos esenciales de la mezcla optima, con el patrón de la FAO y la leche entera en polvo. ....	79
<b>Figura 9.</b> Género de las personas encuestadas. ....	80
<b>Figura 10.</b> Rango de edades de las personas encuestadas. ....	81
<b>Figura 11.</b> Aspectos del producto que fueron atraídos por los encuestados. ...	81
<b>Figura 12.</b> Aceptabilidad general del producto. ....	82
<b>Figura 13.</b> Preparaciones en que se usó el producto. ....	84
<b>Figura 14.</b> Cantidad usada del producto por preparación. ....	84
<b>Figura 15.</b> Intención de compra del producto. ....	85
<b>Figura 16.</b> Lugares donde se desearía comprar el producto. ....	86
<b>Figura 17.</b> Precio dispuesto a pagar por una presentación de 300 gramos. ....	86



## RESUMEN

Se desarrolló una mezcla alimenticia en polvo para complementar el requerimiento proteico de personas mayores de 11 años que deben eliminar el gluten y/o la leche de vaca de su alimentación; a través de la combinación de harinas extruidas de arroz, quinoa y lupino dulce con la adición de grasa vegetal en polvo y micronutrientes. El porcentaje de cada harina en la mezcla se determinó mediante la optimización por programación lineal; la mezcla debía alcanzar un contenido de proteína mayor al 15%, una composición de aminoácidos esenciales numéricamente semejante al patrón de la FAO/OMS y ser de menor costo posible. La combinación de harinas quedó conformada por 31,35% de arroz, 6,96% de quinoa y 61,69% de lupino dulce. La mezcla alimenticia final fue formulada con un 87% de la combinación de harinas, un 12% de grasa vegetal y 1% de micronutrientes (vitaminas y minerales). La caracterización microbiológica de la mezcla alimenticia final indicó ausencia de microorganismos patógenos, el análisis proximal indicó un aporte de 27% de proteína. El cómputo químico se obtuvo de comparar el perfil de aminoácidos esenciales cuantificados por HPLC con los requerimientos establecidos por la FAO/OMS, siendo este de 16% que corresponde a los aminoácidos sulfurados (Metionina + Cisteína). Para conocer la aceptabilidad de la mezcla alimenticia con el grupo objetivo, se realizó un estudio exploratorio de consumo en 31 hogares, los resultados indicaron una aceptabilidad de 5,7 (81%) medido en una escala de 7 puntos, la intención de compra positiva alcanzó un 62%, siendo los supermercados el lugar preferido para adquirir el producto. El precio final por 300 gramos de mezcla alimenticia sería del rango \$3.500 a \$4.000, inferior al de otros productos similares disponibles en el mercado, cuyo precio de venta fluctúa entre \$5.100 y \$15.500 (CLP). El aporte de proteínas encontrado supera al de otros productos de características similares disponibles en el mercado, logrando complementar un 18,5% del requerimiento diario de proteínas para personas mayores de 11 años.

## **ABSTRACT**

### **Development of a powdered food mix of balanced protein value and gluten free, based on cereals and legumes.**

A powdered food mix was developed to complement the protein requirement of people over the age of 11 who must remove gluten and / or cow's milk from their diet, through the combination of extruded rice flour, quinoa and sweet lupine with the addition of vegetable fat powder and micronutrients. The percentage of each flour in the mixture was determined by linear programming optimization; the mixture had to reach a protein content of more than 15%, an essential amino acid composition numerically similar to the FAO/WHO standard and be of the lowest possible cost. The flour combination was made up of 31,35% rice, 6,96% quinoa and 61,69% sweet lupine. The final food mix was formulated with 87% of the flour combination, 12% vegetable fat and 1% micronutrients (vitamins and minerals). The microbiological characterization of the final food mixture indicated the absence of pathogenic microorganisms, the proximal analysis indicated a contribution of 27% protein. The chemical score was obtained by comparing the profile of essential amino acids quantified by HPLC with the requirements established by FAO/WHO, being of 16% corresponding to sulfur amino acids (Methionine + Cysteine). In order to know the acceptability of the food mix with the target group, an exploratory consumption study was performed in 31 households, the results indicated an acceptability of 5,7 (81%) measured on a 7-point scale, the positive purchase intention reached 62%, being supermarkets the preferred place to purchase the product. The final price for 300 grams of food mix would be in the range of \$3.500 to \$4.000, lower than other similar products available in the market, whose selling price fluctuates between \$5.100 and \$15.500 (CLP). The contribution of proteins surpasses that of other products with similar characteristics available in the market, achieving a complement of 18,5% of the daily requirement of proteins for people older than 11 years.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El vegetarianismo es una elección dietética voluntaria y autoimpuesta, en la que se abstiene comer carnes, pudiéndose consumir huevos y productos lácteos; en el veganismo se excluyen todos los productos de origen animal. La tendencia hacia estas dietas vegetarianas y en particular al veganismo, es cada vez mayor por la divulgación de los problemas a la salud que genera el excesivo consumo de productos de origen animal, como enfermedades cardiovasculares, diabetes, sobrepeso y obesidad; sumado a un motivo por causas animalistas (Brignardello y cols., 2013; Rojas, 2015). Las personas que siguen estas dietas pueden sufrir deficiencias de macro y micronutrientes y las consecuencias nutricionales pueden ser mucho más relevantes en periodos de crecimiento exponencial, como la época de la niñez y la adolescencia. Entre los mayores riesgos nutricionales derivados de una dieta vegetariana está el desequilibrio entre proteínas de alta/baja calidad, con posible repercusión en el crecimiento y los mecanismos inmunitarios (Sanjurjo y Ojembarrena, 2001).

Las cifras más recientes de la población vegetariana en Chile datan del 2013, en que una encuesta realizada por el portal web Vegetarianos Chile ([www.vegetarianoschile.cl](http://www.vegetarianoschile.cl)), encontró 13023 personas que afirmaron ser vegetarianos, de los cuales el 78% tenía entre 19 y 30 años y un 13% superaba los 30 años. Si bien estas cifras no contabilizan el total de los vegetarianos en el país, sí representan una creciente tendencia hacia este tipo de dietas. Además del potencial efecto sobre la calidad de vida de las personas que siguen este régimen alimentario, se suman los altos precios de los productos que se ofrecen en el mercado, en su mayoría productos importados que suelen ser la única opción que les permite cubrir sus requerimientos nutricionales.

Por otro lado, la mayor complejidad de los ingredientes utilizados en la industria, está favoreciendo la prevalencia de alergias alimentarias (Monaci y cols., 2006). Según la nota informativa de INFOSAN (2006) se han identificado más de 70 alimentos causantes de alergias alimentarias, entre los alimentos implicados con mayor frecuencia y que causan las reacciones más graves están los cereales que contienen gluten (trigo, centeno, cebada y avena), los crustáceos, huevos, pescados, soja, maní y otros frutos secos.

En respuesta a estos problemas, se busca desarrollar una mezcla alimenticia de bajo costo, en polvo y de sabor neutro para consumo en forma de bebida, batido, papilla o agregado a otras preparaciones alimenticias dulces o saladas; de balanceado valor proteico y libre de gluten, a base de harinas extruidas de cereales y leguminosas, dirigido a personas que quieran o deban eliminar el gluten y/o la leche de vaca de su alimentación.

La calidad proteica, sensorial y características fisicoquímicas de estas mezclas alimenticias, se ven afectadas por la formulación de la mezcla. Por ello surge la necesidad de encontrar la mejor combinación de cereales y leguminosas, que permita cubrir los requerimientos de proteína y aminoácidos según patrones de referencia de la FAO/OMS (2007), y que, además, presente características sensoriales aceptables.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. DIETA VEGETARIANA

Una dieta vegetariana es aquella que no incluye carnes de ningún tipo; sin embargo, existen algunas variaciones que determinan subtipos de dietas (Pilis y cols., 2014). En la Tabla 1 se detallan estas variaciones.

**Tabla 1.** Subtipos de la dieta vegetariana y sus características.

Subtipo de dieta vegetariana	Característica
Lacto ovo vegetariana	Excluye consumo de carnes, permite consumo de leche y derivados lácteos, incluye la miel.
Lacto vegetariana	Excluye consumo de carnes y huevos, permite consumo de leche, derivados lácteos y miel.
Ovo vegetariano	Excluye consumo de carnes, leche y sus derivados. Sólo permite el consumo de huevos.
Vegano	Excluye consumo de carnes y todos los productos de origen animal.
Semi vegetariano	Forma de transición entre dieta vegetariana y con carne; consumo de carnes máximo de una vez a la semana.

Fuente: Pilis y cols. (2014).

Son variadas las razones que llevan a un individuo a optar por seguir una dieta vegetariana, tales como estilo de alimentación, motivos económicos, religiosos, éticos y consideraciones de salud (Pilis y cols., 2014). La mayoría lo hace motivado por causas animalistas (Brignardello y cols., 2013).

India es el país con mayor población vegetariana con alrededor del 40%. En todo el mundo su prevalencia ha ido aumentando en un 8% de promedio anual, hoy en Reino Unido hay alrededor de 4 millones de vegetarianos, aproximadamente

un 7% de la población adulta, con dos veces más mujeres que hombres (Gonzales, 2014). Según una encuesta realizada en EEUU el año 2006, aproximadamente el 2,3% de la población adulta (4,9 millones de personas) seguían habitualmente una dieta vegetariana y afirmaban que nunca comían carne, ni pescado o aves de corral; de ellos el 1,4% era vegana (Brignardello y col., 2013).

En Chile aún no se ha determinado la población exacta de vegetarianos; sin embargo, en la encuesta realizada el 2013 por el portal web Vegetarianos Chile, se encontró 13023 personas que afirmaron ser vegetarianos de los cuales un 9% era menor de 18 años, el 78% tenía entre 19 y 30 años, un 11% entre 30 y 50, y sólo un 2% superaba los 50 años. El mismo estudio señaló que el 19% de los vegetarianos se define como vegano.

Entre los riesgos nutricionales derivados de una dieta vegetariana están (Sanjurjo y Ojembarrena, 2001):

- Desequilibrio entre proteínas de alta/baja calidad, con posible repercusión en el crecimiento y los mecanismos inmunitarios.
- Déficit de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (PLC), fundamentalmente de la familia  $\omega$ -3.
- Déficit de algunas vitaminas: del grupo B (específicamente B<sub>12</sub>) y ácido fólico.
- Déficit de algunos minerales y oligoelementos: calcio, zinc, hierro, cobre, selenio, yodo.
- Déficit de carnitina.

## **2.2. ALERGIAS ALIMENTARIAS**

Según la Organización Mundial de la Salud, a través de INFOSAN (2006), señala que las alergias alimentarias son reacciones adversas a los alimentos que tienen en su origen un mecanismo inmunitario. Los síntomas de las alergias alimentarias van desde un ligero malestar hasta reacciones graves, potencialmente mortales, que necesitan intervención médica inmediata.

Se han identificado más de 70 alimentos causantes de alergias alimentarias y los alimentos implicados con mayor frecuencia y que causan las reacciones más graves son los cereales que contienen gluten. Para los afectados, la única forma de evitar las alergias alimentarias es no consumir los alimentos que las causan (INFOSAN, 2006).

El comité sobre etiquetado de los alimentos del Codex Alimentarius ha elaborado una lista de los alimentos e ingredientes responsables de las reacciones más graves y de la mayoría de los casos de hipersensibilidad a los alimentos. La sección 4.2.1.4 de la Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados (CODEX STAN, 1991) dice: “Se ha comprobado que los siguientes alimentos e ingrediente causan hipersensibilidad y deberán declararse siempre como tales:

- Cereales que contienen gluten; por ejemplo, trigo, centeno, cebada, avena o sus cepas híbridas, y productos de estos;
- Crustáceos y sus productos;
- Huevos y productos de los huevos;
- Pescados y productos pesqueros;
- Maní, soja y sus productos;
- Leche y productos lácteos (incluida lactosa);

- Nueces de árboles y sus productos derivados;
- Sulfito en concentraciones de 10 mg/kg o más”.

Aunque la lista del Codex contiene los alérgenos más destacados a nivel mundial, la prevalencia de las alergias alimentarias es variable según la zona geográfica. En la Unión Europea, por ejemplo, a la lista de alérgenos que deben figurar en la etiqueta de los alimentos se han añadido el apio, la mostaza y las semillas de sésamo, y los correspondientes productos (INFOSAN, 2006).

#### 2.2.1. Dieta libre de gluten: Enfermedad celíaca

Según la Corporación de Apoyo al Celíaco de Chile (COACEL, 2015) la enfermedad celiaca, es una enfermedad crónica autoinmune, caracterizada por la mala absorción de nutrientes (proteínas, grasas, hidratos de carbono, sales minerales y vitaminas) como consecuencia del daño inflamatorio de la mucosa del intestino delgado, que se gatilla al ingerir el gluten de los alimentos, en individuos genéticamente predispuestos.

En el caso de la enfermedad celíaca, la autoinmunidad se produce por anticuerpos del tipo inmunoglobulina A e inmunoglobulina G (IgA, IgG). Se presenta en el 1% de la población mundial y puede presentarse en cualquier etapa de la vida, desde que se inicia la exposición al gluten (COACEL, 2015).

El único tratamiento es una dieta libre de gluten, de forma estricta y para toda la vida. Los celíacos sin diagnóstico y/o que no realizan el tratamiento con la dieta libre de gluten tienen mayor riesgo de presentar otras enfermedades autoinmunes asociadas (COACEL, 2015). Entre los síntomas más frecuentes de la enfermedad celíaca están:



1. No digestivos: cansancio, anemia, osteoporosis, dolores de cabeza, aftas en la boca, infertilidad, abortos a repetición, pérdida de peso, desnutrición, alteración del crecimiento y dermatitis herpetiforme.
2. Digestivos: diarreas, dolor abdominal, distensión abdominal (hinchazón), constipación, mala absorción de nutrientes y flatulencias.
3. Enfermedades autoinmunes asociadas: tiroiditis autoinmune, diabetes tipo 1, hepatitis autoinmune, gastritis autoinmune y enfermedad de Addison.

### **2.3. COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS**

Los profesionales de las ciencias de la nutrición establecen diferencias entre complementos alimenticios y suplementos dietéticos, de hecho proponen que: (a) Los suplementos son aquellos compuestos que pueden llegar a suplir alguna deficiencia dietética y no necesariamente se refiere solamente a alimentación; y (b) Los complementos son compuestos que ayudan a establecer o restablecer niveles de deficiencia (Caldera, 2013).

En el ámbito comunitario europeo se entiende por complemento alimenticio a los productos alimenticios cuyo fin sea completar la dieta normal y consistentes en fuentes concentradas de nutrientes o de otras sustancias que tengan un efecto nutricional o fisiológico, en forma simple o combinada, comercializados en forma dosificada, es decir en cápsulas, pastillas, tabletas, píldoras, bolsitas de polvos, ampollas de líquido, botellas con cuentagotas y polvos (Caldera, 2013). En el marco regulatorio de Chile se denomina a este tipo de productos como suplementos alimentarios. El Reglamento Sanitario de los Alimentos (2015), define a los suplementos alimentarios como aquellos productos elaborados o preparados especialmente para complementar la dieta con fines saludables y

contribuir a mantener o proteger estados fisiológicos característicos tales como adolescencia, embarazo, lactancia, climaterio y vejez. Su composición podrá corresponder a un nutriente, mezcla de nutrientes y otros componentes presentes naturalmente en los alimentos, incluyendo compuestos tales como vitaminas, minerales, aminoácidos, lípidos, fibra dietética o sus fracciones.

## **2.4. CARACTERÍSTICAS DE CEREALES Y PSEUDOCEREALES**

### **2.4.1. Cereales**

Los granos de cereales son importantes fuentes de carbohidratos, proteínas, vitaminas del complejo B y minerales en la dieta mundial. Los cereales más utilizados son: trigo, arroz, maíz, mijo, sorgo, cebada, centeno y avena (Roderuck y Fox, 1987, mencionado Briones, 2011).

En una alimentación adecuada, cuando los cereales representan entre el 50 y 66% de los alimentos consumidos, constituyen fuentes de vitamina C, vitamina A (o sus precursores, los carotenoides) y minerales para adultos, y alimentos ricos en proteínas para el crecimiento de los niños (Briones, 2011).

La calidad nutritiva de los granos de cereales está determinada por sus componentes principales, los carbohidratos, proteínas y lípidos, y la digestibilidad total (Bhatia y Rabson, 1987, citado por Briones, 2011). En la Tabla 2, se muestra la composición química de algunos cereales de interés para la presente investigación.

Para todas las proteínas de cereales, que son mezclas compuestas de varias clases de proteínas, la lisina es el primer aminoácido limitante, seguido por la

treonina en la mayoría de los cereales, y el triptófano en el maíz (Briones, 2011).

**Tabla 2.** Composición química de cereales libres de gluten, en base a 100 g de alimento.

<b>Grano (semilla)</b>	<b>Arroz</b> ( <i>Oryza sativa</i> L.)	<b>Maíz</b> ( <i>Zea mays</i> )	<b>Sorgo</b> ( <i>Sorghum</i> spp.)
Energía (kcal)	367	365	329
Humedad (g)	11,80	10,37	12,40
Proteína (g)	7,54	9,42	10,62
Grasa (g)	3,20	4,74	3,46
Ceniza (g)	1,21	1,20	1,43
Carbohidratos (g)	76,25	74,26	72,09
Fibra dietética (g)	3,60	7,30	6,70

Fuente: Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015).

A continuación se dan algunas características principales de los cereales de interés para el presente estudio, enfatizando su composición de aminoácidos esenciales que son importantes en la alimentación, ya que en ello se fundamenta la calidad de las proteínas.

#### 2.4.1.1. Arroz (*Oriza sativa* L.)

Tiene el contenido de proteína más bajo de todos los cereales; sin embargo, la proteína es muy nutritiva y tiene uno de los contenidos de lisina más altos entre los cereales (Arendt y Zannini, 2013).

En la Tabla 3, se detalla la composición de aminoácidos esenciales en la proteína de arroz.

**Tabla 3.** Composición de aminoácidos esenciales en el grano de arroz, en base a 100 gramos de proteína.

Grano (semilla)	Arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.)	
	g/ 100 g de proteína	
	(a)	(b)
Histidina	2,68	2,30 - 2,70
Isoleucina	4,46	3,70 - 4,80
Leucina	8,71	8,40 - 8,60
Lisina	4,02	3,40 - 4,20
Metionina + Cistina	3,65	2,30 - 3,00*
Fenilalanina + Tirosina	9,39	9,70 - 11,00
Treonina	3,86	3,70 - 3,90
Triptófano	1,34	1,30 - 1,80
Valina	6,18	4,90 - 6,80

\* Solo Metionina

Fuente: (a) Adaptado de la Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015).

(b) Shih (2004) mencionado por Arendt y Zannini (2013).

#### 2.4.1.2. Maíz amarillo (*Zea mays*)

El maíz es uno de los principales granos de cereales del mundo junto con el arroz y el trigo. La proteína es el segundo componente más abundante en el maíz, se extiende entre 6 y 12% con una media de 9,5% (Watson, 2003; mencionado por Arendt y Zannini, 2013).

Posee una composición de lisina desfavorable, en comparación a otros cereales (Gutiérrez y cols. 2008, mencionado por Briones, 2013). En la Tabla 4, se detalla su composición de aminoácidos esenciales.

**Tabla 4.** Composición de aminoácidos esenciales del grano de maíz amarillo, en base a 100 g de proteína.

Grano (semilla)	<b>Maíz Amarillo</b> ( <i>Zea mays</i> )	
<b>Aminoácidos Esenciales</b>	g/ 100 g de proteína	
	(a)	(b)
Histidina	3,05	2,6
Isoleucina	3,58	4,0
Leucina	12,26	12,5
Lisina	2,81	2,9
Metionina + Cistina	3,90	4,0
Fenilalanina + Tirosina	8,98	8,6
Treonina	3,76	3,8
Triptófano	0,71	0,7
Valina	5,06	5,0

Fuente: (a) Adaptado de la Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015). (b) Koziol (1992) mencionado por Arendt y Zannini (2013).

#### 2.4.1.3. Sorgo (*Sorghum spp.*)

El sorgo es el quinto cereal más importante del mundo después del maíz, el arroz, el trigo y la cebada (Arendt y Zannini, 2013). La proteína del sorgo se considera de mala calidad debido a su relativamente bajo contenido de aminoácidos esenciales, tales como lisina, triptófano y treonina (Badi y cols, 1990). La digestibilidad de la proteína también se reduce drásticamente después de la cocción (Eggum y col., 1983).

En la Tabla 5, se detalla su composición de aminoácidos esenciales en 100 g de proteína.

**Tabla 5.** Composición de aminoácidos esenciales del grano de sorgo, en base a 100 g de proteína.

Grano (semilla)	<b>Sorgo</b> ( <i>Sorghum spp.</i> )	
<b>Aminoácidos Esenciales</b>	g/ 100 g de proteína	
	(a)	(b)
Histidina	2,3	2,6
Isoleucina	4,1	4,0
Leucina	14,0	13,1
Lisina	2,2	2,6
Metionina + Cistina	2,8	3,1
Fenilalanina + Tirosina	8,2	7,7
Treonina	3,3	3,5
Triptófano	1,2	--
Valina	5,3	5,6

Fuente: (a) Adaptado de la Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015). (b) Koziol (1992) mencionado por Arendt y Zannini (2013).

#### 2.4.2. Pseudocereales

Los pseudocereales son un grupo de plantas que forman semillas con almidón, pero que botánicamente se asignan a las dicotiledóneas. Dentro de la nutrición y del procesamiento de alimentos se utilizan como los cereales. En la actualidad los representantes más conocidos son el amaranto (*Amaranthus spp.*) y la quinoa (*Chenopodium quinoa*). Los pseudocereales

no contienen gluten, lo que les permite ser incorporadas en dietas para celíacos (Schoenlechner y cols., 2005).

Ayala (2004) señala que la quinoa, la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y el amaranto o kiwicha, son granos andinos que se caracterizan por contener proteínas de alto valor biológico (aminoácidos disponibles al organismo animal para satisfacer su requerimiento durante una situación biológica) y valor nutricional (aminoácidos para síntesis de proteínas totales juntamente con otros nutrientes).

En la Tabla 6 se aprecia el contenido de macronutrientes del grano de quinoa y amaranto.

**Tabla 6.** Composición química del grano de quinoa y amaranto, en base a 100 gramos de alimento.

Granos (semillas)	Quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> Will.)	Amaranto ( <i>Amaranthus spp.</i> )
Humedad (g)	13,28	11,29
Energía (Kcal)	368	371
Proteína (g)	14,12	13,56
Grasa (g)	6,07	7,02
Ceniza (g)	2,38	2,88
Carbohidratos (g)	64,16	65,25
Fibra dietética (g)	7,00	6,70

Fuente: Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015).

A continuación se dan algunas características principales de los pseudocereales en mención, enfatizando en su composición de aminoácidos esenciales.

#### 2.4.2.1. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

La quinoa es cultivada en la región andina de Latinoamérica desde hace miles de años. Está recibiendo cada vez más atención debido al valor nutritivo de sus proteínas ricas en aminoácidos como la lisina y la metionina que son deficientes en los cereales (Arendt y Zannini, 2013).

El contenido de proteína en los granos de quinoa varía de 7,5% a 22,8%, con un promedio de 15,0% (Koziol, 1992, mencionado por Arendt y Zannini, 2013).

Las proteínas de quinoa son más altas en lisina y metionina que cualquier otro cereal. La metionina y cisteína, los aminoácidos esenciales que contienen azufre, son particularmente importantes para las dietas vegetarianas, así como la corrección de las deficiencias en las dietas a base de leguminosas (Cusack, 1984, mencionado por Arendt y Zannini, 2013). En la Tabla 7, se detalla la composición de aminoácidos esenciales en el grano de quinoa.

**Tabla 7.** Composición de aminoácidos esenciales en el grano de quinoa, en base a 100 gramos de proteína.

Grano (semilla)	<b>Quinoa</b> ( <i>Chenopodium quinoa</i> Will.)	
	g/ 100 g de proteína	
	(a)	(b)
<b>Aminoácidos Esenciales</b>		
Histidina	2,88	2,70
Isoleucina	3,57	3,10
Leucina	5,95	6,00
Lisina	5,42	4,80
Metionina + Cistina	3,63	3,30
Fenilalanina + Tirosina	6,09	6,30



Treonina	2,98	3,70
Triptófano	1,18	0,90
Valina	4,21	3,70

Fuente: (a) Adaptado de la Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015). (b) Valores derivados de los siguientes artículos: Becker y Hanners (1990), Coulter y Lorenz (1991), Dini y cols. (1992), Dini y cols. (2005), Escuredo y cols. (2014), Gonzales y cols. (2012), Koizol (1992), Miranda y cols. (2012), Stikic y cols. (2012), White y cols. (1992), Wright y cols. (2002), autores mencionado por Nowak y cols. 2015).

#### 2.4.2.2. Amaranto (*Amaranthus spp.*)

El amaranto o kiwicha ha atraído un gran interés en las últimas décadas debido a sus valiosas características agrícolas, nutricionales y funcionales. Representa un alimento adecuado para los pacientes con alergia al gluten. La proteína de la semilla de amaranto es especialmente notable debido a su excelente balance de aminoácidos esenciales (Arendt y Zannini, 2013). En particular, contiene un porcentaje inusualmente alto de lisina (tres veces mayor en comparación con la harina de trigo). En la Tabla 8 se detalla su contenido de aminoácidos esenciales.

**Tabla 8.** Composición de aminoácidos esenciales en la semilla de amaranto, en base a 100 gramos de proteína.

Grano (semilla)	<b>Amaranto</b> ( <i>Amaranthus spp.</i> )	
<b>Aminoácidos Esenciales</b>	g/ 100 g de proteína	
	(a)	(b)
Histidina	2,87	2,60
Isoleucina	4,29	3,70
Leucina	6,48	5,40

Lisina	5,51	5,30
Metionina + Cistina	3,08	2,30
Fenilalanina + Tirosina	6,42	3,60
Treonina	4,12	3,50
Triptófano	1,33	-
Valina	5,01	4,30

Fuente: (a) Adaptado de la Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015). (b) National Research Council, Washington, D.C. (1984), mencionado por Arendt y Zannini (2013).

## 2.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS LEGUMINOSAS

Las leguminosas son una familia amplia que se caracteriza por su fruto en forma de legumbre, donde se alojan las semillas. En alimentación humana y animal se utilizan hasta 150 especies de leguminosas, de las que el estándar del Codex Alimentarius (2007), considera como más relevantes para el consumo humano directo las siguientes: alubias/judías (*Phaseolus spp.*); lentejas (*Lens culinaris*); guisantes (*Pisum sativum* L.); garbanzos (*Cicer arietinum* L.); habas (*Vicia faba* L.) y el caupi (*Vigna unguiculata* L.). Algunas leguminosas se consumen en verde (habas y judías) aprovechándose el grano tierno y la vaina (Olmedilla y cols., 2010).

Olmedilla y cols. (2010), señalan que las legumbres se caracterizan por su elevado contenido proteico, que en las semillas de guisantes (arveja) y judías (porotos) oscila entre un 20-30% y hasta un 38-40% en la soja y el altramuza (lupino). La fracción proteica más abundante son las globulinas, solubles en disoluciones salinas, relativamente pobres en aminoácidos azufrados (metionina, cisteína y triptófano), pero con contenidos de lisina muy superiores a los de los granos de cereales, de forma que leguminosas y cereales se complementan en el aporte proteico.

En dicha complementación influyen también los contenidos de aminoácidos secundarios limitantes (treonina en los cereales y triptófano en las legumbres). Las deficiencias de aminoácidos esenciales tradicionalmente se han superado incluyendo las legumbres en platos que contienen cereales.

En la Tabla 9 se detalla el contenido de macronutrientes de algunas legumbres de interés para la presente investigación.

**Tabla 9.** Composición química de leguminosas, en base a 100 gramos de alimento.

Granos (semilla)	<b>Arveja</b> ( <i>Pisum sativum</i> )	<b>Haba</b> ( <i>Vicia faba</i> )	<b>Lenteja</b> ( <i>Lens culinaris</i> )	<b>Lupino</b> ( <i>Lupinus albus</i> )
Humedad (g)	8,62	10,98	8,26	10,44
Energía (kcal)	352	341	353	371
Proteína (g)	23,82	26,12	24,63	36,17
Grasa (g)	1,16	1,53	1,06	9,74
Ceniza (g)	2,66	3,08	2,71	3,28
Carbohidratos (g)	63,74	58,29	63,35	40,37
Fibra dietética (g)	25,50	25,00	10,70	18,90

Fuente: Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015).

En la Tabla 10 se detalla la composición de aminoácidos esenciales de algunas leguminosas de interés para la investigación.

**Tabla 10.** Composición de aminoácidos esenciales de leguminosas no considerados alérgenos, en base a 100 g de proteína.

Grano (semillas)	Leguminosas							
	Arveja ( <i>Pisum sativum</i> )		Haba ( <i>Vicia faba</i> )		Lenteja ( <i>Lens culinaris</i> )		Lupino ( <i>Lupinus albus</i> )	
Aminoácidos Esenciales	g/ 100 g de proteína		g/ 100 g de proteína		g/ 100 g de proteína		g/ 100 g de proteína	
	(a)	(b)	(a)	(c)	(a)	(d)	(a)	(e)
Histidina	2,51	1,70	2,54	2,80	2,81	2,20	2,85	-
Isoleucina	4,26	4,70	4,03	4,00	4,32	4,10	4,47	4,10
Leucina	7,39	8,80	7,52	7,70	7,25	7,80	7,58	6,40
Lisina	7,44	7,40	6,40	7,00	6,98	7,00	5,34	4,50
Metionina + Cistina	2,62	2,00	2,09	1,70	2,16	1,70	1,94	2,50
Fenilalanina + Tirosina	7,74	9,30	7,39	7,70	7,60	8,20	7,73	9,30
Treonina	3,66	3,50	3,55	3,50	3,58	3,50	3,68	3,30
Triptófano	1,15	0,80	0,95	-	0,90	0,70	0,80	1,10
Valina	4,87	5,20	4,44	4,50	4,97	5,00	4,17	3,70

Fuente:

(a) Adaptado de la Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015).

(b) Pownall y cols., (2010).

(c) Marquardt y cols. (1975), citado por Daroch, (2002).

(d) Iqbal y cols. (2006).

(e) Morón (1999).

## **2.6. HARINAS EXTRUIDAS**

Las harinas extruidas son aquellas que han sido sometidas a extrusión. La extrusión es un proceso en el que un material (grano, harina o subproductos) es forzado a fluir, bajo una o más de una variedad de condiciones de mezclado, calentamiento y cizallamiento, a través de una placa/boquilla diseñada para dar forma o expandir los ingredientes (Apró y cols. 2000). Uno de los efectos de la extrusión sobre las harinas es la gelatinización del almidón, permitiendo obtener un producto de preparación instantánea de buena digestibilidad (Repo-Carrasco, 1998).

Ventajas del proceso de extrusión (Apró y cols. 2000):

- Flexibilidad de operación, permitiendo la obtención de una gran diversidad de productos.
- Posibilidad de procesamiento en diversas formulaciones, permitiendo adecuar el nivel nutricional según las necesidades.
- Mínimo deterioro de nutrientes de los alimentos en el proceso.
- Eficiente utilización de la energía.
- Ausencia de efluentes.
- Inactivación de enzimas y factores antinutricionales.
- Producción de alimentos inocuos.
- Gelatinización de la fracción almidonosa de la mezcla para dar máxima digestibilidad.
- Inactivación térmica de inhibidores de crecimiento y factores que alteran la digestibilidad o el gusto.
- Alta estabilidad del almacenaje.

## 2.7. NECESIDADES DE PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS

Las proteínas de los alimentos proporcionan al organismo los aminoácidos esenciales, indispensables para la síntesis tisular y para la formación de hormonas, enzimas, jugos digestivos, anticuerpos y otros constituyentes orgánicos (Olivares y cols., 1994).

Las necesidades de proteínas fueron definidas por el Comité de Expertos de la FAO/OMS/ONU en 1985, como el nivel más bajo de ingesta de este nutriente para compensar las pérdidas de nitrógeno corporal en sujetos que se mantienen en balance energético con una actividad física moderada. En niños y mujeres embarazadas y nodrizas el requerimiento proteico incluye además las necesidades de crecimiento y aquellas necesidades asociadas al depósito de tejidos, y producción de leche para permitir el crecimiento y desarrollo normal del lactante, compatibles con la buena salud.

Según el último reporte dado por expertos de la FAO/WHO/UNU (2007), los requerimientos nutricionales de proteínas por grupo de edades, son los presentados en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Requerimiento de proteínas por grupo de edades para ambos sexos, en g de proteína/kg de peso corporal/día.

<b>Edad (años)</b>	<b>Requerimiento de proteínas (g proteína/kg de peso corporal/día)</b>
0,5	1,31
1-2	1,14
3-10	0,91
11-14	0,90
15-18	0,85
> 18	0,83

Fuente: FAO/OMS (2007).

Las necesidades de proteínas se basan en cantidades determinadas de aminoácidos esenciales y las recomendaciones de los organismos internacionales, basados en proteínas de alta calidad biológica, es decir, con una proporción de aminoácidos utilizables de un 100% y una digestibilidad de 100%.

Existen 22 aminoácidos conocidos como fisiológicamente importantes, de los cuales el organismo es capaz de sintetizar 14 a partir de un adecuado suministro de nitrógeno. Los aminoácidos esenciales no pueden ser sintetizados por el organismo a la velocidad y en la cantidad requerida y deben ser suministrados por la dieta. Estos son: histidina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina.

La calidad de las proteínas de los alimentos depende de su contenido de aminoácidos esenciales. La FAO (2002) ha planteado que la proteína de un alimento es biológicamente completa cuando contiene todos los aminoácidos en una cantidad igual o superior a la establecida para cada aminoácido en una proteína de referencia o patrón, como las del huevo, leche y carne, que tienen una proporción de aminoácidos esenciales utilizables de un 100%.

Las proteínas biológicamente incompletas son las que poseen uno o más aminoácidos limitantes, es decir, que se encuentran en menor proporción en relación a la proteína de referencia o patrón, disminuyendo su utilización.

La Tabla 12 detalla los requerimientos de aminoácidos por edades, sugeridas por la FAO/WHO/UNU (2007), así mismo los aminoácidos para la proteína de referencia.

**Tabla 12.** Patrón e ingesta diaria de aminoácidos sugerido por la FAO/OMS/ONU (2007).

Aminoácido Esencial	Leche Materna (g/100 g proteína)	Patrón de aminoácidos sugerido por FAO/OMS (g/100 g de proteína)*						Ingesta diaria de aminoácidos recomendado por FAO/OMS (mg /kg/ día)					
		Edad (años)						Edad (años)					
		0,5	1-2	3-10	11-14	15-18	Adulto (>18)	0,5	1-2	3-10	11-14	15-18	Adulto (>18)
Histidina	2,1	2,0	1,8	1,6	1,6	1,6	1,5	22,0	15,0	12,0	12,0	11,0	10,0
Isoleucina	5,5	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	36,0	27,0	23,0	22,0	21,0	20,0
Leucina	9,6	6,6	6,3	6,1	6,0	6,0	5,9	73,0	54,0	44,0	44,0	42,0	39,0
Lisina	6,9	5,7	5,2	4,8	4,8	4,7	4,5	64,0	45,0	35,0	35,0	33,0	30,0
Metionina + Cistina	3,3	2,8	2,6	2,4	2,3	2,3	2,2	31,0	22,0	18,0	17,0	16,0	15,0
Fenilalanina + Tirosina	9,4	5,2	4,6	4,1	4,1	4,0	3,8	59,0	40,0	30,0	30,0	28,0	25,0
Treonina	4,4	3,1	2,7	2,5	2,5	2,4	2,3	34,0	23,0	18,0	18,0	17,0	15,0
Triptófano	1,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	9,5	6,4	4,8	4,8	4,5	4,0
Valina	5,5	4,3	4,2	4,0	4,0	4,0	3,9	49,0	36,0	29,0	29,0	28,0	26,0

\*Patrón para una proteína ideal.

Fuente: FAO/WHO/UNU (2007).



## **2.8. VALOR NUTRICIONAL DE LAS PROTEÍNAS DE CEREALES Y LEGUMINOSAS**

La calidad de una proteína depende de la concentración de aminoácidos esenciales y la digestibilidad de la proteína. Esa calidad se mide por un índice llamado valor biológico. Por lo tanto, una proteína es de alta calidad o tiene un alto valor biológico cuando es rica en aminoácidos esenciales. Por ejemplo, las proteínas de la albumina en el huevo y caseína en la leche, contienen todos los aminoácidos esenciales en buenas proporciones y nutricionalmente son superiores a otras proteínas como la zeína en el maíz, que contiene poco triptófano o lisina (FAO, 2002).

Se considera que las proteínas de origen animal son más nutritivas y completas que las de origen vegetal, que son incompletas y de un menor valor biológico. Para que las proteínas vegetales aumenten su valor biológico deben mezclarse entre sí (Licata, 2013).

### **2.8.1. Mezcla de leguminosas y cereales**

La mezcla de cereales y leguminosas en un solo alimento aumenta la calidad de la proteína, gracias a la complementación aminoacídica que se produce. Los cereales representan una importante fuente de aminoácidos azufrados (metionina y cistina) y sus niveles son adecuados para compensar los bajos valores existentes en las leguminosas. Así mismo la lisina en las leguminosas permite compensar los bajos niveles en los cereales. Esta complementación no solo ocurre a nivel de proteína, sino también de vitaminas y minerales (Granito y cols., 2003).

La utilización de ambas especies (cereales y leguminosas) en la dieta, podría incrementarse si se desarrollan productos de fácil consumo y que sean sensorialmente atractivos (Almeida-Dominguez y cols., 1990; El-Moniem y cols., 2000). El valor nutritivo de las proteínas de leguminosas y cereales está limitado por la deficiencia en algunos aminoácidos; por ello, algunas combinaciones de cereales con leguminosas pueden ser muy ventajosas desde un punto de vista nutricional (Almeida-Dominguez y cols., 1990). Así las mezclas de proteínas de cereales que son deficientes en lisina pero con buen nivel de aminoácidos azufrados pueden ser complementadas por las proteínas de la soya, las cuales son deficientes en aminoácidos azufrados y con buen nivel en lisina, lográndose mezclas proteicas con valores biológicos superiores a cualquiera de las fuentes utilizadas por separado, incluso a otras fuentes de proteínas tradicionales (Apro y cols., 2004).

#### 2.8.2. Estudios realizados con mezclas de cereales/leguminosas

Algunos trabajos desarrollados con cereales y/o leguminosas se presentan a continuación; en ellos se emplea la extrusión y la mezcla de harinas para el desarrollo de productos con un mejor balance de aminoácidos:

Arcila y Mendoza (2006) con el objetivo de obtener una bebida instantánea a base de harina de semillas de amaranto, harina de arroz, harina de maíz, suero de leche en polvo y leche en polvo, con un mínimo de 16% de proteínas y 350 kcal, obtuvieron una formulación de mayor aceptación constituida por 30% de harina de semillas de amaranto, 30% de suero de leche en polvo, 30% de leche en polvo, 5% de harina de arroz y 5% de harina de maíz. El contenido de proteínas que alcanzó el producto en polvo fue de 17,15%.

En el 2008, Lozano y colaboradores reportan un pinole (producto elaborado a base de harina de maíz tostado de origen mexicano) de alto valor nutricional obtenido a partir de cereales y leguminosas. Así los pinoles de alta calidad proteica, de composición: 35-20-40-5 (maíz-amaranto-garbanzo-haba); 35-20-40-5 y 30-20-40-10 (maíz-amaranto-garbanzo-lenteja), sobresalieron en aspectos importantes tales como mayor cantidad, calidad y digestibilidad de la proteína, así como mayor o similar aceptabilidad en comparación con el pinole de maíz.

El contenido de proteína y la composición de aminoácidos de los pinoles en polvo se detallan en las Tablas 13 y 14.

**Tabla 13.** Contenido de proteína en pinoles (polvo) de diferente composición.

<b>Composición del Pinole</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Grupos Tukey*</b>
35-20-40-5 (M-A-G-H)	15,03	B
35-20-40-5 (M-A-G-L)	14,55	C
30-20-40-10 (M-A-G-L)	15,55	A
Pinole de maíz	10,12	D

M: Maíz, A: Amaranto, G: Garbanzo, H: Haba, L: Lenteja

\* Valores con letras minúsculas diferentes en sentido vertical son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq 0.05$ )

Fuente: Lozano y col. (2008).

**Tabla 14.** Contenido de aminoácidos esenciales en el pinole de maíz y pinoles elaborados con mezclas de cereales y leguminosas (producto en polvo).

<b>Aminoácido (g aa /100 g proteína)</b>	<b>35/20/40/5*</b>	<b>35/20/40/5**</b>	<b>30/20/40/10**</b>	<b>Pinole de maíz</b>	<b>Patrón FAO (1985)</b>
Lisina	6,60	6,50	7,00	2,20	5,50
Treonina	4,40	4,40	4,40	5,50	4,00
Metionina	2,00	2,00	1,90	3,10	2,20
Triptófano	0,60	0,60	0,60	0,30	1,00
Leucina	10,20	10,30	9,40	15,90	7,00
Isoleucina	4,00	4,00	4,00	4,50	4,00
Valina	5,80	5,70	5,80	6,60	5,00
Fenilalanina	6,10	5,90	6,10	6,30	5,00

\* Maíz-Amaranto-Garbanzo-Haba / \*\* Maíz-Amaranto-Garbanzo-Lenteja

Fuente: Lozano y col. (2008).

Gutiérrez y cols. (2008), desarrollaron un alimento para niños mayores de un año, preparado con harinas de maíz extruido (HME) y garbanzo extruido (HGE). La combinación óptima de las harinas para producir el alimento infantil de alto valor nutricional fue HME/HGE = 21,2/78,8%; cada 100 g de esta mezcla tuvo 20,07 g de proteína, 5,70 g de lípidos, 71,14 g de carbohidratos y 3,09 g de cenizas. El perfil de aminoácidos esenciales cubrió los requerimientos de aminoácidos para niños de 2 a 5 años de edad recomendados por la FAO/OMS (1985), excepto para el triptófano. El alimento infantil tipo atole derivado de esta mezcla tuvo un contenido de proteína de 4,52% (preparado en una suspensión combinada de 25 g de mezcla, 8 g de sacarosa y 80 mL de agua purificada, dicha suspensión se pasteurizó a 90 °C por 8 min).

La Tabla 15 detalla la composición química y el perfil de aminoácidos reportados por Gutiérrez y colaboradores.

**Tabla 15.** Composición química y perfil de aminoácidos de la mezcla de harina de maíz y harina de garbanzo.

Propiedad	Mezcla HME/HGE optimizada*	Requerimiento Niños 2-5 años (FAO 1985)
Composición química		
Proteínas	20,07	
Lípidos	5,70	
Carbohidratos	71,14	
Cenizas	3,09	
Aminoácidos Esenciales (g/100 g proteína)		
Histidina	2,75	1,90
Isoleucina	3,31	2,80
Leucina	7,61	6,60
Lisina	6,26	5,80
Metionina + Cistina	3,84	2,50
Fenilalanina + Tirosina	8,71	6,30
Triptófano	1,01	1,10
Treonina	3,70	3,40
Valina	3,80	3,50
Digestibilidad proteínica <i>in vitro</i> (%)	84,5	

\* 21,2 g HME + 78,8 g HGE / 100 g de mezcla.

Fuente: Gutiérrez y col. (2008).

Granito y cols. (2010), desarrollaron tres alimentos (ponqués, brownies y galletas) a base de mezclas de harina trigo y harinas de leguminosas fermentadas y sin fermentar, destinados a la merienda escolar. Formularon ponqués sustituyendo 20% de la harina de trigo por frijol (*Phaseolus vulgaris*), brownies con sustituciones de 30% de frijol de palo o quinchoncho (*Cajanus cajan*) y galletas con 30% de caupí o frijol chino (*Vigna sinensis*), utilizando en

los tres productos las leguminosas tanto fermentadas como no fermentadas. El contenido de proteínas para el ponqué estuvo entre 12 y 13%, entre 10 y 11% para los brownies y 10% para las galletas. Además, la digestibilidad *in vitro* de las proteínas fue de 91%, 87% y 93%, respectivamente.

Cerezal y cols. (2011), desarrollaron dos productos (mezclas) sobre la base de harinas de cereales y leguminosas para niños celíacos entre 6 y 24 meses, para ello utilizaron harinas de quinoa, maíz, arroz y lupino dulce. Los resultados arrojaron dos formulaciones, una “mezcla dulce” de composición 25:34:12:26 y la “mezcla postre” de composición 13:27:15:15 (arroz:quinoa:lupino:maiz) que fueron mejores por cumplir las exigencias de las normas del Codex para regímenes alimentarios especiales, cuya calidad proteica no debe ser inferior al 70% del patrón de la FAO (1985). El contenido de proteínas de las mezclas en polvo fue de 12,60 y 12,63% para la mezcla dulce y postre respectivamente; logrando sobrepasar el 15% del requerimiento diario propuesto a suplementar de la dieta proteica de los niños entre 6 y 24 meses.

Higinio (2011), elaboró una mezcla instantánea utilizando como materia prima arroz, cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amarantus caudatus*), la mejor formulación fue 40:20:40 de arroz, cañihua y kiwicha respectivamente, logrando obtener una proteína de mejor calidad con un cómputo químico de 86,8%. La composición química de la mezcla en polvo presentó 11,04% de proteína, 3,82% de grasa, 3,12% de fibra, 2,14% de cenizas y 71,48% de carbohidratos.

De la Paz Castro (2012), elaboró una bebida instantánea de fácil reconstitución y almacenamiento, que cumpliera con los requerimientos nutricionales de niños en edad escolar (5 a 10 años), así obtuvo una mezcla instantánea a base

de un 50% de harina de soja y un 50% de arroz en polvo, obteniéndose como máxima cantidad de proteínas un 28,4%.

Cerezal y cols. (2012), obtuvieron una bebida de alto valor proteico a partir de extractos líquidos de quinoa, lupino y algarrobo, saborizada con pulpa de frambuesa para la dieta de preescolares entre 2 y 5 años; los resultados obtenidos por programación lineal indicaron que la formulación constituida por 40:21:15 (lupino:quinoa:algarrobo) (76%) + 20% de pulpa concentrada de frambuesa + 4% de azúcar, fue la más favorecida por la evaluación sensorial, tanto por jueces semientrenados como por los preescolares. El contenido de proteínas en la bebida obtenida al final del estudio de almacenamiento (90 días) fue de 1,36%, siendo capaz de suplementar entre un 6 y 7% del total de las proteínas que requieren al día los preescolares de 2 a 5 años.

Castro (2015), desarrolló un suplemento en polvo utilizando como base una mezcla de harinas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd var. Tunkahuan), chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) y melloco (*Ullucus tuberosus*), enriquecido con zinc, destinado a niños de 6 a 36 meses de edad. La formulación idónea fue la constituida por 48,6 g de harina de quinoa germinada, 23,4 g de harina de chocho, 18 g de harina de melloco, 10 g de azúcar y 0,01 g de zinc. El contenido de proteínas del suplemento en polvo fue de 18,45% y un aporte de 384 kcal/g.

En la mayor parte de los trabajos mencionados se obtuvo una harina mixta vegetal o harina compuesta, con la cual se elaboraron productos con niveles óptimos de proteína y de aminoácidos necesarios para complementar los requerimientos nutricionales de una población objetivo. El contenido de proteína logrado osciló entre 4,52% a 15% en el producto final y de 11,04% a 28,4% en la mezcla en polvo, además de complementar contenidos

nutricionales, estas mezclas ofrecen condiciones de asimilación y digestión importantes para la salud y nutrición. Si se consumen en cantidades suficientes, cubrirán las necesidades de energía y de proteínas, pudiendo ser utilizadas en la alimentación de poblaciones de bajos recursos, así como personas con riesgo de desnutrición.



### **III. HIPÓTESIS**

Es posible obtener una mezcla alimenticia a base de harinas extruidas de cereales y leguminosas, libre de gluten, y de perfil aminoacídico numéricamente semejante al patrón de la FAO/OMS, para niños mayores a los 11 años de edad, con buenas características microbiológicas, sensoriales y fisicoquímicas.

### **IV. OBJETIVOS**

#### **4.1. General**

Obtener una mezcla alimenticia en polvo, de buen balance proteico, libre de gluten, a base de harinas extruidas de cereales y leguminosas, dirigida a personas mayores de 11 años, que deban o quieran eliminar el gluten y/o la leche de vaca de su alimentación.

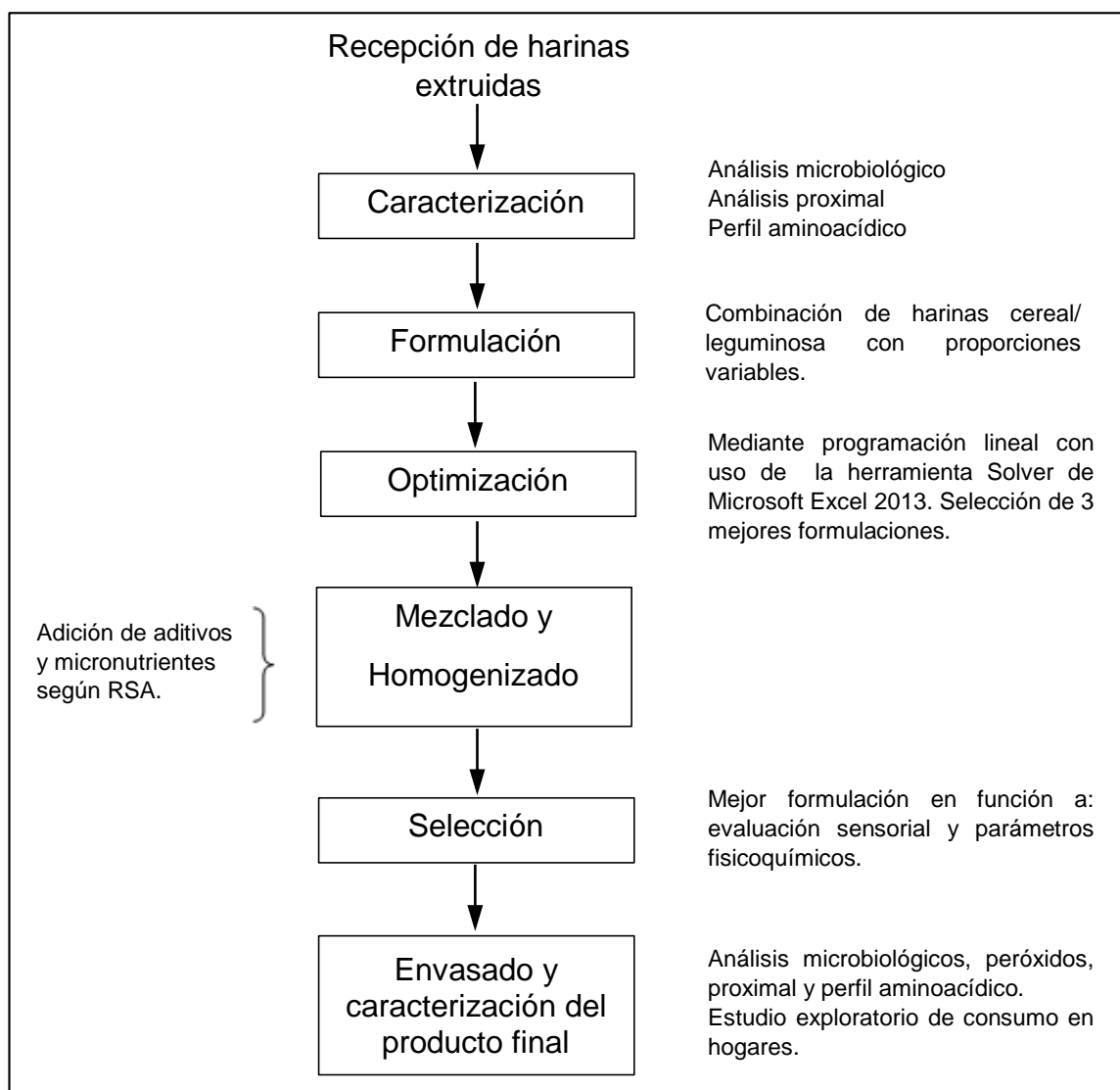
#### **4.2. Específicos**

- Determinar las harinas extruidas a utilizar para obtener la mezcla alimenticia, en función a las características de los granos.
- Caracterizar las harinas extruidas y formular mezclas en base al contenido de aminoácidos aportados por cada una.
- Optimizar las formulaciones a través de la programación lineal, con el menor costo de la mezcla y numéricamente semejante al patrón de aminoácidos de la FAO/OMS (2007) para niños mayores a los 11 años.
- Seleccionar una mezcla óptima por evaluación sensorial y parámetros fisicoquímicos y caracterizarla a través de análisis microbiológicos, proximal y peróxidos.
- Determinar por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), la composición de aminoácidos esenciales de la mezcla óptima.
- Realizar un estudio exploratorio de consumo del producto en hogares, para determinar aceptabilidad y modo de uso.

## V. METODOLOGÍA

### 5.1. Proceso de elaboración y desarrollo de la formulación

Para la obtención de la mezcla alimenticia se siguió el diagrama de flujo descrito en la Figura 1.



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la obtención de la mezcla alimenticia.

El mezclado y homogenizado se realizó uniéndolos físicamente las harinas, los aditivos y micronutrientes, para ello se utilizó un mezclador de polvos tipo en “V”, modelo PVM, marca Tecam, con una capacidad de 5 hasta 75 kg, por un tiempo de 15 minutos. Se incorporó como aditivo grasa vegetal en polvo y entre los micronutrientes agregados están las vitaminas y minerales detallados en la Tabla 18, las cantidades empleadas estuvieron de acuerdo al Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA). Cabe mencionar que no se impartió ningún sabor característico a la formulación óptima (mezcla alimenticia), manteniendo un sabor neutro, para su uso en distintas preparaciones (bebidas líquidas, batidos, papillas o como ingrediente en comidas saladas, postres, etc.)

## **5.2. Selección de las harinas extruidas para la formulación**

La selección de las harinas extruidas se realizó en función a las características de los granos de cereales y leguminosas los cuales cumplieron los siguientes criterios:

- Libre de gluten.
- Alto contenido de proteína.
- Perfil de aminoácidos semejante al patrón de la FAO/OMS (2007).
- Precio accesible de la harina extruida y su disponibilidad a nivel nacional.
- Computo aminoacídico más alto, calculado según:

$$CA = \frac{g \text{ de aminoácido} / g \text{ de proteína}}{g \text{ de aminoácido} / g \text{ proteína de referencia}} \times 100\%$$

El computo aminoacídico es la relación del aminoácido limitante que se encuentra en menor proporción en el alimento, con respecto al mismo aminoácido en la proteína de referencia.

### 5.3. Materias primas

#### a. Harinas extruidas

Las harinas extruidas seleccionadas fueron de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce. Las harinas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y lupino dulce (*Lupinus albus* L.) se adquirieron de la empresa de productos nutritivos Avelup Ltda., Temuco, Chile; mientras que las harinas de arroz, maíz y lenteja fueron adquiridos de la empresa Extrumol Ltda., Santiago, Chile. Ambas empresas son proveedores de Epullen Ltda. Los precios por kilogramo de estas harinas se detallan en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Precio por kilogramo de las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce.

	Harina extruida				
	Arroz	Maíz	Quinoa	Lenteja	Lupino
Precio por kg (\$) *	520	520	2500	1000	650

\* Precio a la fecha del 17/03/2016

La concentración de alcaloides informada por Avelup, para la harina extruida de lupino fue de 0,028%, siendo menor al límite máximo exigido por el RSA de 0,05%, considerándose dentro de la clasificación de lupino dulce. Mientras que la harina extruida de quinoa, poseía una concentración de saponinas de 0,035%, siendo el límite máximo de 0,05%, estando dentro de la definición de quinoa dulce.

#### b. Grasa vegetal

Se utilizó como fuente de lípidos, grasa vegetal en polvo compuesto por 35% de grasa de coco y 65% de maltodextrina de papa. Se empleó dicha grasa por el

sabor, la textura, el color, su estabilidad frente a la oxidación y como agente espesante, que permitió obtener una mezcla alimenticia con mejores propiedades organolépticas.

El aceite de coco refinado es una grasa sólida blanca, que se derrite a 25 °C. Su composición de ácidos grasos muestra una preponderancia de ácidos grasos de cadena corta de hasta 12 átomos de carbono (ácido láurico) y poca insaturación (Berger, 1985). Debido a su bajo punto de fusión (25 °C) la grasa se derrite de forma muy marcada, por lo que al ingerir alimentos que contienen aceite de coco, se siente una sensación refrescante y placentera, esta cualidad hace que el aceite de coco sea un componente muy apreciado para las margarinas, grasas de confitería, grasas para sustituir la leche, en helados, en cremas para relleno y algunas cubiertas que se usan en panadería (Berger, 1985).

En la Tabla 17 se detalla la composición de ácidos grasos presentes en el aceite de coco.

**Tabla 17.** Composición de ácidos grasos en el aceite coco (*Cocos nucífera* L.)

Ácido graso	Contenido (%)
Caproico (C 6:0)	0,7
Caprílico (C 8:0)	9,1
Cáprico (C 10:0)	7,0
Láurico (C 12:0)	45,5
Mirístico (C 14:0)	19,5
Palmítico (C 16:0)	8,7
Esteárico (C 18:0)	1,9
Oléico (C 18:1)	5,9
Linoléico (C 18:2)	1,7

Fuente: Rodríguez (1997).

Esta grasa vegetal en polvo se adquirió de la empresa Dimerco Ltda., siendo su precio de \$2.500 por kg, a la fecha del 28/03/2016.

#### c. Micronutrientes

Para compensar las deficiencias de vitaminas y minerales, a las que están expuestas las personas que siguen una dieta vegetariana libre de gluten y/o que no consumen leche, se agregó una premezcla de estos micronutrientes, la cantidad de cada una de ellas se encuentra detallado en la Tabla 18, estando de acuerdo a los requerimientos detallados en el RSA (Anexo 2).

**Tabla 18.** Cantidad de vitaminas y minerales agregados en la formulación de la mezcla alimenticia (MA).

<b>Vitaminas</b>	<b>Por cada 100 g de MA</b>
Vitamina B <sub>1</sub> (µg)	1048
Vitamina A (µg)	838
Vitamina D (µg)	13
Vitamina B <sub>6</sub> (µg)	419
Vitamina C (mg)	210
<b>Minerales</b>	
Hierro (mg)	8
Calcio (mg)	398
Fósforo (mg)	335
Magnesio (mg)	42
Zinc (mg)	4

La pre mezcla de estas vitaminas y minerales fue proporcionado por Epullen Ltda., siendo su precio de \$2.000 por kg, a la fecha del 07/04/2016.

## 5.4. Caracterización de las harinas y formulación de mezclas

### 5.4.1. Caracterización de harinas

#### a. Análisis microbiológico

Los siguientes análisis se realizaron en el laboratorio externo de SeasLab Ltda., y se determinaron:

Aerobios mesófilos: Método ISO 4833:2003

*Staphylococcus aureus*: Método ISO 6888-1:1999

Mohos: Método ISO 21527-1:2008

Levaduras: Método ISO 21527-1:2008

Coliformes totales: Método ISO 4832:2006

*Salmonella spp*: Método ISO 6579:2002

Los resultados se compararon con los criterios detallados en el RSA, para fórmulas deshidratadas para niños mayores de 12 meses y productos elaborados a partir de cereales; siendo estos los criterios más estrictos para alimentos que no requieren cocción, en la Tabla 19 se detallan estos criterios.

**Tabla 19.** Criterios microbiológicos para caracterizar las harinas extrudidas.

<b>FÓRMULAS DESHIDRATADAS PARA NIÑOS MAYORES DE 12 MESES</b>						
<b>Parámetro</b>	<b>Plan de muestreo</b>		<b>Límite por gramo</b>			
	<b>Categoría</b>	<b>Clases</b>	<b>n</b>	<b>c</b>	<b>M</b>	<b>M</b>
Aerobios mesófilos	5	3	5	2	10 <sup>4</sup>	5 x 10 <sup>4</sup>
Coliformes	6	3	5	1	--	20
<i>S. aureus</i>	8	3	5	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>

<b>PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE CEREALES</b>						
<b>HARINAS Y ALMIDONES</b>						
Mohos	2	3	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
Levaduras	2	3	5	2	5x10 <sup>2</sup>	5x10 <sup>3</sup>
<i>Salmonella spp</i> en 50 g	10	2	5	0	0	---

Fuente: Reglamento sanitario de los alimentos (2015).

#### b. Análisis proximal

Se realizó la caracterización a través de su composición químico proximal de acuerdo a los métodos de la A.O.A.C, estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Humedad: Método gravimétrico A.O.A.C. 925.10

Grasa: Método Soxhlet A.O.A.C. 920.39

Proteína: Método Kjeldahl A.O.A.C. 920.87

Fibra cruda: Método gravimétrico A.O.A.C. 985.29

Cenizas: Método directo A.O.A.C. 923.03

Carbohidratos: Basado en la metodología descrita por Schmidt-Hebbel (1981).

#### c. Perfil aminoacídico

La cuantificación de aminoácidos de cada una de las harinas se realizó por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), siguiendo la metodología descrita por White y cols. (1986), para lo cual se contó con los servicios del laboratorio del CECTA-USACH y se cuantificaron los siguientes aminoácidos:



ácido aspártico, ácido glutámico, serina, histidina, glicina, treonina, arginina, alanina, prolina, tirosina, valina, metionina, cistina, isoleucina, leucina, fenilalanina y lisina. No se logró cuantificar triptófano por falta del estándar L-triptófano  $C_{11}H_{12}N_2O_2$ ; sin embargo, para la optimización de las formulaciones se trabajó con los valores de triptófano reportados por el USDA (2015) para cada uno de las harinas. Cabe señalar que para la mezcla óptima (mezcla alimenticia) si se logró cuantificar este aminoácido.

#### 5.4.2. Formulación de mezclas

Para la formulación de mezclas se plantearon todas las posibles combinaciones (de 3 y 4 harinas) entre todas las harinas seleccionadas, considerando por lo menos, la presencia de un cereal y una leguminosa, con el fin de lograr la complementación de aminoácidos. El número de combinaciones se determinó mediante la siguiente fórmula (Higinio, 2011):

$$Combinaciones = \frac{n!}{(n-r)! \times r!}$$

donde n = número de harinas, y r = número de harinas en la mezcla

En las formulaciones se plantearon proporciones variables de las harinas constituyentes de la mezcla, teniendo en cuenta el contenido de aminoácidos aportados por cada una de ellas, con el fin de lograr alcanzar el patrón de aminoácidos de la FAO/OMS 2007 (para niños mayores a los 11 años). Para facilitar este proceso se diseñó una planilla en Microsoft Excel 2013 (Microsoft, 2012), en la que se puede estimar el contenido de proteína y el perfil aminoacídico de la mezcla (Anexo 1).

### 5.5. Optimización de las formulaciones por programación lineal

Se realizó una optimización de las formulaciones utilizando la programación lineal con el uso de la herramienta Solver de Microsoft Excel 2013, el cual permitió encontrar las mejores combinaciones de harinas, sujeto a las siguientes restricciones:

- Máximo contenido proteína en 100 gramos de mezcla.
- Menor costo de la mezcla.
- Composición de aminoácidos esenciales, numéricamente semejante al patrón de la FAO/OMS 2007 (para edades mayores a los 11 años).

De acuerdo a los resultados obtenidos con la programación lineal, se seleccionaron tres mezclas, las cuales cumplieron las restricciones mencionadas, al mismo tiempo presentaron la mayor puntuación de aminoácidos corregidos por digestibilidad proteica (PDCAAS).

Para el cálculo de PDCAAS se consideró los aminoácidos limitantes de la mezcla y los requerimientos según el patrón de la FAO/OMS. Esta relación se calculó de acuerdo a:

$$AAS = \frac{\% \text{ aminoácido de la proteína ensayada}}{\% \text{ requerimiento del aminoácido correspondiente}}$$

El cálculo de la cantidad de aminoácidos sin corregir (AAS), multiplicado por la digestibilidad teórica de la mezcla, dio como resultado el valor del PDCAAS.

#### 5.5.1. Obtención de la mezcla final

A cada una de las tres mezclas se adicionó la grasa vegetal en polvo y los micronutrientes, obteniéndose en la mezcla final un 87% correspondiente a la formulación (cereal/leguminosa), 12% de grasa vegetal y 1% de vitaminas y minerales.

Para encontrar una sola mezcla óptima se realizó una evaluación sensorial al mismo tiempo se analizaron las características fisicoquímicas de cada mezcla.

#### 5.5.2. Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial, se realizó una prueba de aceptabilidad de las tres mezclas, para ello se preparó con cada una de ellas, un batido saborizado con azúcar y vainillina natural. Se preparó 2000 mL de batido de cada mezcla a una temperatura de 20 °C (ambiente), para lo cual se empleó 285 g de mezcla + 1715 mL de agua destilada + 22 g de azúcar + 15 gotas de vainillina (estos últimos componentes proporcionados por Epullen Ltda.), luego 50 mL de cada batido fue sometido a evaluación sensorial con 32 personas no entrenadas (entre estudiantes y consumidores) quienes evaluaron su aceptabilidad en una escala de 7 puntos, las respuestas fueron recogidas en una ficha de evaluación sensorial (Anexo 3).

Al finalizar la prueba de aceptabilidad se pidió a los panelistas ordenar las muestras de mayor a menor preferencia. Estas pruebas se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

### 5.5.3. Características fisicoquímicas

Las características fisicoquímicas descritas a continuación ayudaron a encontrar la mezcla óptima, así mismo permitieron conocer el comportamiento de las mezclas en una dilución; para ello se evaluó una proporción de 25 g de mezcla en 175 mL de agua destilada (p/p) constituyendo una porción de consumo diario. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería de Bioprocesos de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

#### a. Propiedades reológicas

Se determinó la reología reconstituyendo la mezcla a dos temperaturas (25 y 30 °C). Para evaluar el comportamiento del flujo se usó un reómetro de cilindros concéntricos (Anton Paar, RheolabQC, Austria) y se realizó el ensayo de la curva de flujo con una rampa ascendente lineal para el gradiente de deformación desde 1 hasta 200 s<sup>-1</sup>. El comportamiento reológico se describió mediante el modelo Ostwald de Waele:

$$\sigma = K \times \gamma^n$$

donde  $\sigma$  = esfuerzo de corte (Pa),  $K$  = coeficiente de consistencia del producto ( $\text{Pa} \times \text{s}^n$ ),  $n$  = Índice de comportamiento de flujo,  $\gamma$  = gradiente de deformación (s<sup>-1</sup>).

#### b. Índice de solubilidad

Se determinó de acuerdo a la metodología descrita por Cano (2005) citado por Ochoa y cols. (2011), en la que 5 g de polvo se colocó en 100 mL de agua destilada, luego se agitó manualmente hasta solubilizar toda la muestra, se

llevó a tubos Falcon y se centrifugó a 5000 rpm durante 5 min, se tomó una muestra de 25 mL del sobrenadante y se pasó a placas Petri. Finalmente se secó en estufa a 105 °C por 5 h. El índice de solubilidad fue calculado según:

$$\text{Índice de solubilidad (\%)} = \frac{\text{peso seco sobrenadante (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

### c. Sedimentación de partículas

La sedimentación se analizó utilizando un analizador de estabilidad de partículas (Turbiscan Classic, Formulation, Francia). El equipo trabaja con una fuente de luz pulsada en la región del infrarrojo cercano ( $\lambda = 850$  nm). Utiliza dos detectores de luz, el primero cuantifica la luz transmitida a través de la muestra, y el segundo la luz retrodispersada por la muestra. La cabeza de detección se desplaza hacia arriba y abajo a lo largo de una celda cilíndrica de fondo plano de 60 mm de altura. De esta manera se monitoreo la evolución de la luz retrodispersada en un tiempo de 1 h, realizando mediciones cada 5 minutos.

El Índice de Estabilidad de Turbiscan (TSI) es un parámetro estadístico utilizado para estimar la estabilidad de la suspensión (Wisniewska, 2010). El TSI se obtuvo como la suma de todos los procesos que ocurren en la sonda estudiada. Así los valores de TSI se calcularon usando la siguiente ecuación:

$$\text{TSI} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{BS})^2}{n-1}}$$

donde:  $x_i$  es la retrodispersión para cada minuto de medición,  $x_{BS}$  es la media de  $x_i$ , y  $n$  es el número de repeticiones.

## **5.6. Caracterización de la mezcla óptima**

### **5.6.1. Análisis microbiológico**

Se realizaron los mismos procedimientos del apartado 5.4.1.a y los resultados se compararon con los criterios detallados en la Tabla 19.

### **5.6.2. Análisis de peróxidos**

Se determinó la estabilidad oxidativa de la mezcla óptima a través del índice de peróxidos, para ello se siguió la metodología de la A.O.A.C. 965.33. Este análisis se realizó en el laboratorio externo del CECTA-USACH. El resultado se expresó en meq de O<sub>2</sub> por kg de grasa. Dicho resultado se comparó con las especificaciones técnicas del Ministerio de Salud (2009) para un producto en polvo elaborado en base a cereales y leguminosas, que indica:

- Máximo de 6,5 meq O<sub>2</sub>/kg de grasa en el producto recién preparado hasta 30 días.
- Máximo de 8 meq O<sub>2</sub>/kg de grasa entre los 30 y 60 días.

### **5.6.3. Análisis proximal**

Se realizó la caracterización proximal de acuerdo a los métodos descritos en el apartado 5.4.1.b.

## **5.7. Composición de aminoácidos esenciales de la mezcla óptima**

Se determinó el contenido de aminoácidos esenciales de la mezcla óptima siguiendo la misma metodología descrita en el apartado 5.4.1.c, y los aminoácidos que se cuantificaron fueron: histidina, treonina, tirosina, valina,

metionina, cistina, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina y triptófano. Los resultados se compararon con los valores de aminoácidos reportados por la optimización y con los valores del patrón de la FAO/OMS 2007 (para niños mayores a los 11 años).

### **5.8. Estudio exploratorio de consumo del producto en hogares**

A fin de evaluar la aceptabilidad del producto final con el grupo objetivo, se realizó un estudio exploratorio con 31 familias que en su composición tenía integrantes que debían o querían eliminar la leche de vaca, y/o que debían eliminar el gluten de su dieta. Las familias fueron contactadas en los grupos de vegetarianos en la red social de Facebook, al cual pertenecía algún miembro de la familia.

Se entregó 100 g del producto a cada familia, el cual fue utilizado por espacio de una semana (5 a 7 días); la distribución se realizó a través de los centros de venta de Epullen y en las universidades donde estudiaba alguno de los miembros de la familia. Al momento de la entrega de las muestras, se brindó información acerca de las características nutricionales del producto, también se les entregó una receta opcional para preparar el producto (Anexo 4).

Al término de los días de uso, se realizó una encuesta vía telefónica, en que se preguntó por la aceptación del producto en una escala de 7 puntos, también se preguntó por las preparaciones en que se probó, intención de compra entre otros aspectos detallados en el Anexo 5.

## **5.9. Análisis estadísticos**

Los análisis estadísticos se realizaron empleando el software estadístico InfoStat versión 2016 (Di Rienzo y cols., 2016) con un nivel de confianza del 95%. Los resultados se reportaron en triplicado y los valores presentados son valores medios ( $\bar{x}$ ).

En la evaluación sensorial los resultados de la prueba de aceptabilidad se analizaron por análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, con  $p < 0,05$  y los resultados del ordenamiento de preferencia, por la prueba de Friedman con  $p \leq 0,05$ .



## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **6.1. Selección de las harinas extruidas para la formulación**

En la Tabla 20 se muestra la selección de las harinas con las que se realizaron las formulaciones, en función de los criterios señalados en la metodología.

Si bien la avena, la cebada y el trigo son cereales que presentan buen contenido de proteína (mayor a los 10 g/ 100 g de alimento), fueron descartados puesto que en su composición proteica existen fracciones de prolaminas, que en el trigo constituyen las gliadinas las que intervienen en el desencadenamiento de la enfermedad celiaca en individuos predispuestos. En la cebada la fracción de prolamina se conoce como orceína y avenina en la avena.

El amaranto y la cañihua tienen proteínas de alto valor biológico con niveles de lisina por encima del patrón de la FAO (mayor al 100%), ideal para la formulación de alimentos; sin embargo, por su elevado precio y escasa o nula producción a nivel nacional se descartó trabajar con estos pseudocereales.

El sorgo no tiene fracciones de prolaminas; sin embargo, su bajo aporte de lisina en comparación con los demás cereales, limitó su selección para la formulación del producto.

**Tabla 20.** Cereales y leguminosas con características adecuadas para la formulación de la mezcla alimenticia.

Cereales (grano)	Libre de gluten	Proteína * (g/100 g alimento)	Aminoácido limitante (Computo aminoacídico **)	Precio/ kg (\$)***	Disponibilidad a nivel nacional	Seleccionado
Arroz	Si	7,54	Lisina (83,3%)	520	Si	Si
Avena	No	16,89	--	--	--	No
Amaranto	Si	13,56	Lisina (114,6%)	7500	No	No
Cebada	No	12,48	--	--	--	No
Cañihua	Si	14,88	Lisina (120,8%)	--	No	No
Maíz	Si	9,42	Lisina (58,3%)	520	Si	Si
Sorgo	Si	10,62	Lisina (45,8%)	--	Si	No
Trigo	No	11,31	--	--	--	No
Quinoa	Si	14,12	Lisina (112,5%)	2500	Si	Si
<b>Leguminosas (grano)</b>						
Arveja	Si	23,82	Metionina (113,0%)	1500	Si	No
Garbanzo	Si	20,47	Metionina (117,4%)	1750	Si	No
Haba	Si	26,12	Metionina (91,3%)	1700	Si	No
Lenteja	Si	24,63	Metionina (95,6%)	1000	Si	Si
Lupino dulce	Si	36,17	Metionina (82,6%)	650	Si	Si
Poroto	Si	23,58	Metionina (113,0%)	1350	Si	No

\* Fuente: Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015)

\*\* Calculado con datos del USDA y con referencia al patrón de aminoácidos de la FAO/OMS-2007 para niños mayores de 11 años.

\*\*\* Precio de la harina extruida en Extrumol Ltda. y Avelup Ltda.

Filas sombreadas corresponden a las harinas seleccionados.

En cuanto a las leguminosas descritas en la Tabla 20, ninguna contiene gluten o causa hipersensibilidad, además de que todas están disponibles en el mercado nacional; sin embargo, el elevado precio de sus harinas (mayor a los \$1.000 por kilogramo) hizo que sólo se optara por seleccionar a las harinas de lenteja y el lupino dulce como fuentes de lisina para complementar los aminoácidos de los cereales y así lograr una adecuada formulación del producto.

Con los granos ya seleccionados (arroz, maíz, quínoa, lenteja y lupino dulce) se adquirieron las respectivas harinas extruidas de las empresas de Extrumol Ltda. y Avelup Ltda., proveedores de materias primas de Epullen Ltda.

## **6.2. Caracterización de las harinas y formulación de mezclas**

### **6.2.1. Caracterización de las harinas**

#### **a. Análisis microbiológico**

En la Tabla 21 se detallan los resultados del análisis microbiológico realizado a las harinas extruidas de arroz, maíz, quínoa, lenteja y lupino dulce.

Los resultados muestran que no hubo alteraciones por posible contaminación de las harinas, dada la ausencia y bajos recuentos de microorganismos, estando todas las harinas por debajo de los criterios microbiológicos exigidos por el RSA.

**Tabla 21.** Resultados del análisis microbiológico de las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce (los valores corresponde al promedio de 3 repeticiones).

Recuento de microorganismo (UFC/g)	Harina					RSA*
	Arroz	Maíz	Quinoa	Lenteja	Lupino	
Aerobios mesófilos	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$< 5 \times 10^4$
<i>S. aureus</i>	$< 10$	$< 10$	$< 10$	$< 10$	$< 10$	$< 10^2$
Mohos	$1,2 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$	$< 10^4$
Levaduras	$< 10$	$< 10$	$< 10$	$< 10$	$< 10$	$< 5 \times 10^3$
Coliformes totales	$< 10$	$< 10$	$< 10$	$< 10$	$< 10$	$< 20$
Salmonella en 50 g.	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

\* Reglamento Sanitario de los Alimentos (2015). Criterios microbiológicos para fórmulas deshidratadas para niños mayores de 12 meses.

Ninguna de las harinas indicó presencia de coliformes totales ni salmonella en 50 g, por lo que las harinas tuvieron la calidad adecuada para la formulación de la mezcla alimenticia.

b. Análisis proximal

En la Tabla 22 se presenta los resultados del análisis proximal realizado a las harinas.

**Tabla 22.** Composición proximal de las harinas extrudidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce (en g de componente/ 100 g de harina).

Comp.	Harina				
	Arroz	Maíz	Quinoa	Lenteja	Lupino
Humedad	7,65 ± 0,17	6,97 ± 0,13	7,27 ± 0,11	6,19 ± 0,09	4,59 ± 0,13
Grasa	0,03 ± 0,01	2,08 ± 0,18	6,14 ± 0,17	7,16 ± 0,21	9,40 ± 0,26
Proteína	6,50 ± 0,21	7,90 ± 0,06	18,1 ± 0,27	26,3 ± 0,38	42,8 ± 0,45
Fibra cruda	0,35 ± 0,07	2,50 ± 0,11	5,57 ± 0,21	5,25 ± 0,16	4,84 ± 0,17
Cenizas	0,40 ± 0,05	1,30 ± 0,09	2,05 ± 0,10	2,67 ± 0,08	3,37 ± 0,11
Carbohidratos	85,0 ± 0,12	79,3 ± 0,15	60,9 ± 0,13	52,4 ± 0,21	35,0 ± 0,11

Los valores corresponden al promedio de tres repeticiones.

De la Tabla 22 se observa que el contenido promedio de proteínas de la harina de lupino dulce (42,8%) resultó ser mayor al de la lenteja, quinoa, maíz y arroz en 1,6; 2,4; 5,4 y 6,6 veces respectivamente, este contenido fue corroborado por Glencross (2004) quien reportó 41,95 g de proteína en 100 g de harina de lupino, así mismo Levent y Nermin (2011), reportaron un aporte de proteínas de 38,71%. Los contenidos de grasa, fibra cruda y cenizas son semejantes a los encontrados por Glencross (12,63%, 3,97% y 3,32%, respectivamente).

Los resultados en la harina de lenteja, indicaron un 26,3% de proteína, el cual concuerda con lo reportado por Briones (2011) quien encontró 25,46% de proteína; similar contenido encontró Ben Haj Koubaier y cols. (2015), quienes

reportaron 25,51% de proteína; así mismo Dogan y cols. (2013) informaron 23,91% de proteína.

Los contenidos de grasa, fibra cruda, cenizas y carbohidratos en la harina de lenteja, concuerdan con los valores encontrados por Ben Haj Koubaier y cols. (2015), quienes informaron 4,67% de grasa, 5,05% de fibra, 2,70% de cenizas y 55,82% de carbohidratos.

En la harina de quinoa, los valores determinados de grasa (6,14%), proteína (18,10%), fibra cruda (5,57%), cenizas (2,05%) y carbohidratos (60,87%) son semejantes a los reportados por Cerón y cols. (2016) quienes encontraron los siguientes valores, grasa (6,64%), proteína (17,91%), fibra cruda (3,11%), cenizas (2,61%) y carbohidratos (67,90%).

Otros autores como Pajarito (2005) reportó 14,21% de proteína en la harina de quinoa; por su parte Sundarrajan (2014) informó 13,10% de proteína; estas diferencias en el contenido de proteínas se puede atribuir al material genético, estado de madurez, ecotipo, fertilidad del suelo, época de siembra y proceso de obtención de la harina entre otros factores.

Los contenidos de proteína encontrados en las harinas de arroz y maíz (6,50 y 7,90%), fueron semejantes a los reportados por Arcila y Mendoza (2006), quienes encontraron 7,35% y 8,10% de proteína respectivamente, las pequeñas diferencias encontradas se puede atribuir a la época de siembra, el estado de madurez de los granos, la fertilidad del suelo, entre otros.

El contenido de grasa, fibra cruda, cenizas y carbohidratos en la harina de maíz concuerdan con los valores informados por Sumbo y Ikujenlola (2014) quienes

encontraron 4,50% de grasa, 2,60% de fibra cruda, 1,62% de cenizas y 73.83% de carbohidratos.

Finalmente los contenidos de grasa (0,03%), fibra cruda (0,35%), cenizas (0,40%) y carbohidratos (85,07%) en la harina de arroz, concuerdan con los resultados de Wanyo y cols. (2009), ellos encontraron 0,21% de grasa, 0,61% de fibra cruda, 0,22% de cenizas y 80,35% de carbohidratos.

#### c. Perfil aminoacídico

La composición de aminoácidos obtenidos para las harinas seleccionadas se muestra en la Tabla 23, de la cual se puede observar, que entre los cereales la harina de quinoa presentó los niveles de aminoácidos más altos, siendo altamente superior en lisina (aminoácido esencial en el crecimiento y desarrollo de tejidos, la memoria y aprendizaje).

En la harina de arroz cabe destacar su aporte de metionina de 0,84 g/100 g proteína, mayor entre todas las harinas. También se observa un aporte favorable de leucina en la harina de maíz (11,97 g/100 g proteína); y en las harinas de lenteja y lupino dulce buenos niveles de lisina (4,67 y 4,82 g/100 g proteína respectivamente).

Al comparar los resultados encontrados para las harinas de quinoa y arroz con los valores reportados por Ascheri y cols. (2003) se observa contenidos de aminoácidos muy similares, atribuyéndose las pequeñas diferencias al estado de madurez de los granos, fertilidad de los suelos, entre otros factores.

**Tabla 23.** Composición de aminoácidos para las harinas extrudidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce.

Aminoácidos	Harina (g aminoácido / 100 g proteína)					Bibliografía*	
	Arroz	Maíz	Quinoa	Lenteja	Lupino	Arroz	Quinoa
Ac. aspártico	8,17	7,75	12,18	14,36	12,63	11,20	9,63
Ac. glutámico	21,97	24,65	23,93	22,14	23,28	26,69	34,92
Serina	6,79	5,84	6,11	6,02	5,02	4,95	4,75
Glicina	6,84	4,95	7,67	4,71	4,14	2,50	4,14
Histidina	2,55	2,79	2,88	2,46	1,82	2,56	3,55
Arginina	5,41	3,34	6,81	8,40	11,97	6,10	7,40
Treonina	3,65	3,19	3,77	3,64	3,22	3,85	4,25
Alanina	6,62	8,48	5,41	4,52	3,36	5,76	4,88
Prolina	9,29	10,90	4,31	8,08	6,78	0,10	2,34
Tirosina	0,00	0,00	0,00	0,90	2,05	4,70	3,06
Valina	4,92	4,13	4,25	4,40	3,51	5,35	4,58
Metionina	0,84	0,55	0,76	0,50	0,42	1,62	1,50
Cisteína	0,00	0,00	0,00	0,46	0,74	1,86	1,02
Isoleucina	3,95	3,25	4,06	3,83	4,20	4,03	4,21
Leucina	8,33	11,97	7,52	6,78	6,85	7,77	6,96
Fenilalanina	6,16	4,88	4,41	4,13	5,18	4,75	4,11
Lisina	4,52	3,33	5,92	4,67	4,82	2,50	4,43

\* Ascheri y cols. (2003)

Filas sombreadas corresponde a los aminoácidos esenciales.



Al hacer una comparación entre los resultados para la harina de quinoa con los contenidos de aminoácidos esenciales en la materia prima (grano de quinoa) detallados en la Tabla 7, se observan valores más bajos en la harina, siendo los aminoácidos sulfurados (metionina + cisteína) los que se encuentran en menor cantidad, llegando solo a determinarse 0,76 g/100 g de proteína, mientras el contenido en la materia prima es de 3,63 g/100 g de proteína; según Ascheri y cols. (2003), estos niveles bajos en la harina se pueden deber a la posibilidad de ocurrencia de reacciones químicas durante el proceso de extrusión, así mismo el autor concluye que tratamientos altos de temperatura disminuyen la cantidad de proteína así como su calidad; este posible efecto también se pudo observar en las demás harinas analizadas.

#### 6.2.2. Formulación de mezclas

En la Tabla 24, se muestran todas las posibles combinaciones de 3 y 4 harinas que se realizaron, para ello se consideró por lo menos la presencia de un cereal y una leguminosa en la mezcla, con el fin de lograr la complementación de aminoácidos.

**Tabla 24.** Combinación de harinas de cereales y leguminosas.

N°	Mezcla	N°	Mezcla
1	A + M + L	8	M + L + Lu
2	A + M + Lu	9	Q + L + Lu
3	A + Q + L	10	A + M + Q + L
4	A + Q + Lu	11	A + M + Q + Lu
5	A + L + Lu	12	A + M + L + Lu
6	M + Q + L	13	A + Q + L + Lu
7	M + Q + Lu	14	M + Q + L + Lu

A: arroz, M: maíz, Q: quinoa, L: lenteja, Lu: Lupino dulce

### **6.3. Optimización de la formulación por programación lineal**

En la Tabla 26 se presentan los resultados de la optimización por la programación lineal que permitió encontrar 7 mejores combinaciones de cereal-leguminosa, en cumplimiento a las restricciones señaladas en la metodología:

- Máximo contenido de proteínas en 100 gramos de mezcla.
- Menor costo de la mezcla.
- Composición de aminoácidos esenciales, numéricamente semejante al patrón de la FAO/OMS 2007 (para niños mayores a 11 años).

Para las formulaciones se utilizaron los contenidos de proteína determinados por HPLC, ya que los valores determinados por el método de Kjeldahl no representan con exactitud este componente, debido a que este método utiliza un factor de conversión para llevar el nitrógeno total a proteína, el cual según la FAO (2002) tiene las siguientes desventajas: Para efectos de cálculo considera el nitrógeno de la proteína principal y no de toda la mezcla, la fracción analizada no necesariamente es proteína pura y no se realizan correcciones de nitrógeno no proteico. En general en el método Kjeldahl interfieren compuestos nitrogenados no proteicos.

Los contenidos de proteína que se utilizaron en la programación lineal corresponden a la suma de los aminoácidos detallados en la Tabla 23, estos valores expresados en gramos de proteína por 100 g de harina, se muestran en la Tabla 25, cabe señalar que a dicha suma se agregó los valores de triptófano reportados en la bibliografía para cada uno de los granos (Tablas 3,4, 7 y 10).

**Tabla 25.** Contenido de proteína en las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce, determinado por HPLC (g /100 g de harina).

<b>Proteína (g/100 de harina)</b>				
<b>Arroz</b>	<b>Maíz</b>	<b>Quinoa</b>	<b>Lenteja</b>	<b>Lupino dulce</b>
4,10 ± 0,24	5,02 ± 0,16	14,36 ± 0,33	18,66 ± 0,31	29,38 ± 0,22

En los resultados de la Tabla 26 se incluye la puntuación de aminoácidos corregida por digestibilidad (PDCAA), y para su cálculo se emplearon los valores de digestibilidad de proteína reportados en la bibliografía:

- Arroz: 88,00% (FAO/WHO, 1991).
- Maíz: 85,00% (FAO/WHO, 1991).
- Quinoa: 78,37% (Elsohaimy y cols., 2015)
- Lenteja: 77,05% (Barbana y Boye, 2013)
- Lupino dulce (*Lupinus albus*): 77,05% (Guemes-Vera y cols., 2012).

De la Tabla 26 se observa que las mezclas que presentaron un mayor contenido de proteínas fueron la mezcla número 2, 4 y 7 que alcanzaron 20,53; 20,41 y 23,15% de proteína respectivamente, estos resultados concuerdan con los estudios reportados en bibliografía en la que varios autores formularon mezclas en base a cereales y leguminosas obteniendo entre 11,0 y 28,4% de proteínas en la mezcla en polvo. Al mismo tiempo estas mezclas alcanzaron los valores más altos de PDCAA.

En la optimización de la mezcla número 2 se encontró que la mejor combinación de harinas que permitió cumplir las restricciones propuestas, fue el no incluir a la harina de maíz en dicha mezcla (0%), por lo que en el resto del documento se hace mención a esta mezcla como la combinación de solo dos harinas, arroz + lupino dulce (A+Lu).

**Tabla 26.** Resultados de la optimización por programación lineal.

<b>MEZCLA*</b>		<b>Proporción por optimización (g)</b>	<b>Proteína (g/100 g de mezcla)</b>	<b>Aminoácido limitante</b>	<b>Computo químico **</b>	<b>PDCAA (%)</b>	<b>Costo \$ (por cada 100 g de mezcla)</b>
<b>1</b>	A+M+L	(44,65 : 0 : 55,35)	12,16	Metionina + Cisteína	41,13%	32,29	78,57
<b>2</b>	A+M+Lu	(35,02 : 0 : 64,98)	20,53	Metionina + Cisteína	49,67%	40,28	60,45
<b>3</b>	A+Q+L	(0 : 10,09 : 89,91)	18,23	Metionina + Cisteína	41,25%	31,82	115,13
<b>4</b>	A+Q+Lu	(31,35 : 6,96 : 61,69)	20,41	Metionina + Cisteína	48,90%	39,60	73,80
<b>5</b>	M+Q+Lu	(0 : 66,38 : 33,62)	19,41	Metionina + Cisteína	41,97%	33,50	187,80
<b>6</b>	M+L+Lu	(20,54 : 40,83 : 38,63)	20,00	Metionina + Cisteína	45,98%	36,58	76,62
<b>7</b>	Q+L+Lu	(5,10 : 50,96 : 43,94)	23,15	Metionina + Cisteína	46,54%	36,91	92,27

\* A: arroz, M: maíz, Q: quinoa, L: lenteja, Lu: lupino dulce. / \*\* Calculado con referencia al patrón de la FAO/OMS 2007. Filas sombreadas corresponde a las 3 mejores mezclas seleccionadas.

Según la FAO/OMS (2007), el requerimiento de proteínas para niños de 11 años de edad es de 0,90 g proteína/kg peso corporal/día y considerando un peso promedio normal de 41 kg para un niño de dicha edad, el requerimiento es de 36,4 g de proteína por día. Las tres mezclas encontradas permitirían complementar un 14% de dicho requerimiento, con una ingesta de 25 gramos (porción de consumo diario propuesto).

Teóricamente los aminoácidos limitantes para las tres mezclas fueron: metionina + cisteína, que numéricamente permiten alcanzar entre el 46 y 50% de los mismos aminoácidos de la proteína de referencia.

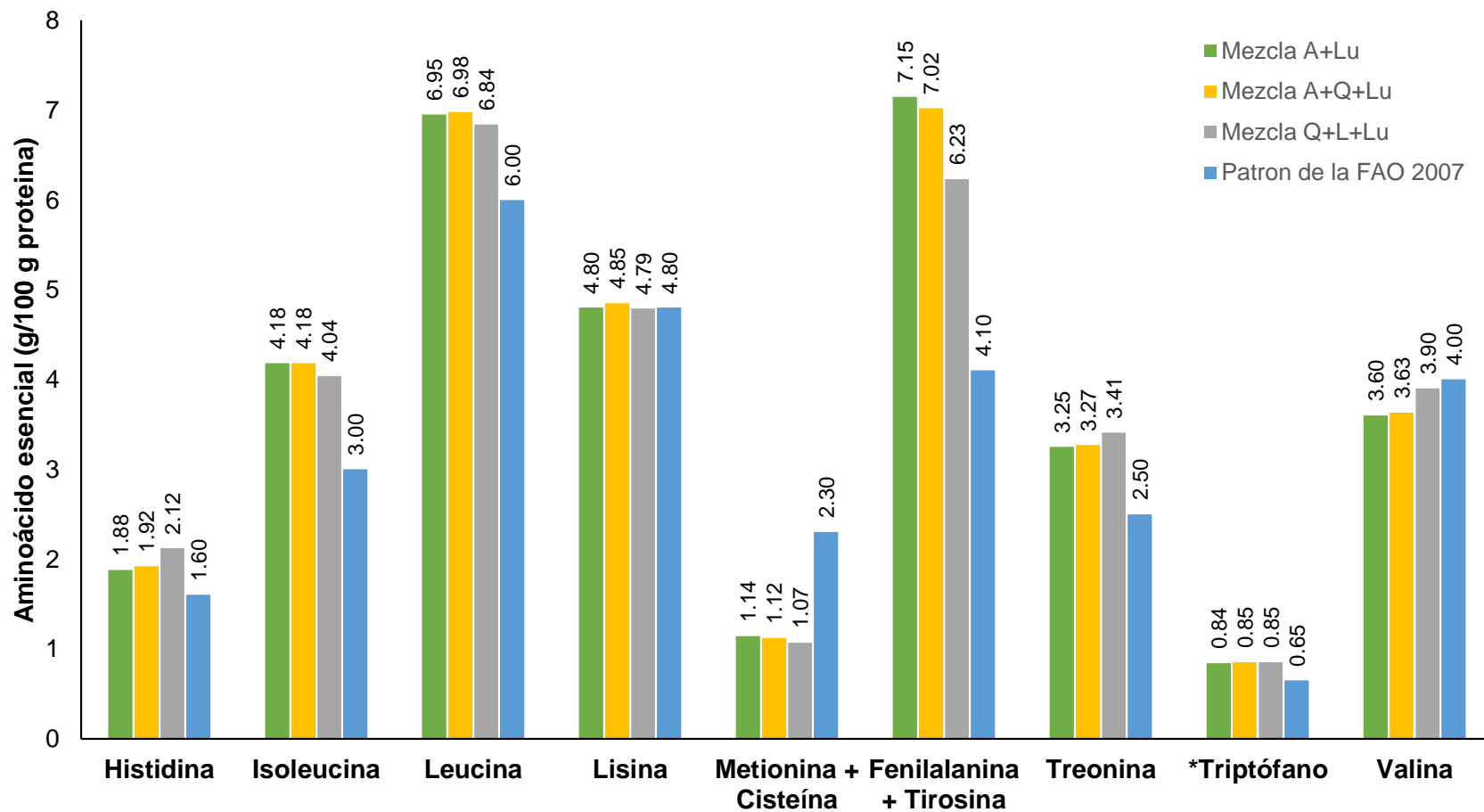
El contenido de aminoácidos esenciales alcanzado para cada una de las tres mezclas se detalla en la Figura 2; así mismo se presentan los valores de los aminoácidos para la proteína de referencia (patrón de la FAO, para niños mayores de 11 años). En el Anexo 6 se detallan los aminoácidos esenciales para las tres mezclas.

En relación al costo, según la Tabla 26, las tres mezclas seleccionadas presentaron los menores costos (entre \$60 y \$95 por 100 g de mezcla) correspondiente solo a las harinas, con estos valores y el uso de una planilla en Excel se obtuvo el costo de la mezcla final, para ello se consideró los costos fijos relacionados con los aditivos incorporados a cada mezcla (grasa vegetal y pre mezcla de vitaminas y minerales), alcanzándose un costo estimado final entre \$84 y \$97 por 100 g de mezcla (Tabla 27).

**Tabla 27.** Costo final de las mezclas en 100 gramos de producto (CLP).

<b>Mezcla</b>	<b>Mezcla cereal/leguminosa 87% (\$)</b>	<b>Grasa vegetal 12% (\$)</b>	<b>Vitaminas y minerales 1% (\$)</b>	<b>Costo final en 100 g (\$)</b>
A + Lu	52,59	30	2	84,59
A + Q + Lu	64,21	30	2	96,21
Q + L + Lu	80,27	40	5	125,27

Un costo total del producto de mayor exactitud, tendría en cuenta los gastos de envasado, etiquetado, embalado, personal, electricidad, entre otros; los que son necesarios considerar en la fabricación con fines comerciales.



\* Tryptófano formulado con datos del USDA (2015).

**Figura 2.** Comparación del contenido de aminoácidos esenciales de las tres mejores mezclas encontradas con el patrón de la FAO/OMS 2007.

De la Figura 2 se observa que las tres mezclas formuladas superan el patrón de la FAO en la mayor parte de los aminoácidos esenciales, a excepción de los aminoácidos sulfurados metionina + cisteína, siendo éstos teóricamente los aminoácidos limitantes. Estos niveles bajos en los aminoácidos en mención se pueden atribuir a lo señalado por Ascheri y cols. (2003), que la ocurrencia de reacciones químicas durante el proceso de extrusión, puede disminuir la calidad de la proteína el cual se ve traducido en bajos niveles de aminoácidos sulfurados. Así mismo Gil (2010) señala que la extrusión causa pérdidas en el valor nutritivo de las proteínas debido a la reacción de Maillard.

#### 6.3.1. Evaluación sensorial

En la Tabla 28 se presentan los resultados de la evaluación sensorial de las tres mezclas, preparadas en forma de batido saborizado con vainillina natural. Para la evaluación se utilizó una escala de siete puntos, donde un puntaje de 1 correspondió a “me disgusta mucho” y un puntaje de 7 correspondió a “me gusta mucho”.

De la Tabla 28 se observa que las tres mezclas tuvieron una aceptación levemente favorable. La mezcla de A + Lu tuvo un porcentaje de aceptación del 59%, alcanzando una puntuación promedio de 4,63 correspondiente a las calificaciones de “me gusta moderadamente”, “me gusta” y “me gusta muchísimo”; al preguntar a los panelistas que fue lo que les agradó, estos respondieron de forma espontánea: un sabor agradable, una textura homogénea, color agradable y una sensación suave en la boca.



**Tabla 28.** Resultados de la evaluación sensorial de las tres mezclas.

<b>Mezcla</b>	<b>Puntaje promedio *</b>	<b>Porcentaje (%)**</b>
A+Lu	4,63 <sup>a</sup>	59
A+Q+Lu	4,69 <sup>a</sup>	69
Q+L+Lu	4,06 <sup>a</sup>	44

\* Letras iguales en la columna indican diferencias estadísticamente no significativas ( $p > 0.05$ )

\*\* Corresponde al porcentaje de la sumatoria de las calificaciones de “me gusta mucho”, “me gusta” y “me gusta moderadamente”.

La mezcla de A+Q+Lu logró una aceptación del 69% (mayor a las demás mezclas), con una puntuación promedio de 4,7 en escala de 7 puntos. Esta mezcla obtuvo un mayor puntaje promedio con tendencia a ser la más aceptada, las características de agrado dado por los panelistas fueron, un sabor agradable a tostado, una textura homogénea, buena consistencia, una sensación suave en la boca y color agradable a la vista.

Finalmente la mezcla de Q+L+Lu sólo alcanzo una aceptación del 44% con una puntuación promedio de 4,1 en escala de 7 puntos, esta mezcla fue la menos aceptada. Los panelistas respondieron espontáneamente que la textura levemente áspera, un ligero sabor intenso a leguminosa y la rápida sedimentación de la mezcla, fue lo que les disgustó.

Para determinar en forma estadística cuál de las mezclas fue la más aceptada se realizó un análisis de varianza de dos factores (mezcla y panelistas), el cual indicó que no existen diferencias significativas entre las mezclas ( $p \leq 0.05$ ), siendo las tres mezclas igualmente aceptadas por los panelistas (resultados en Anexo 7).

Los resultados del análisis de la prueba de ordenamiento por preferencia se muestran en la Tabla 29, para dicha prueba se asignó el número 1 a la mezcla preferida, el número 2 para la mezcla en segundo lugar y el número 3 para la mezcla menos preferida.

La prueba de Friedman arrojó un p valor = 0,0916 mayor a 0,05 (nivel de significancia), por lo que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las mezclas.

**Tabla 29.** Resultados de la prueba de ordenamiento por preferencia.

<b>Mezcla</b>	<b>Preferencia (Nº panelistas)</b>	<b>Porcentaje de preferencia (%)</b>
A+Lu	12	37,5
A+Q+Lu	13	40,6
Q+L+Lu	7	21,9

De la Tabla 29, se observa que la mezcla con mayor porcentaje de preferencia es la mezcla de A+Q+Lu (40,6%) con tendencia a ser la más preferida; la mezcla de A+Lu alcanzó un porcentaje de 37,5% colocándose como la segunda en preferencia, mientras que la mezcla de Q+L+Lu alcanzó un porcentaje de preferencia del 21,9% siendo esta la mezcla con tendencia a ser la menos preferida (solo 7 panelistas la prefirieron). Al preguntar a los panelistas por qué prefirieron la mezcla A+Q+Lu estos respondieron espontáneamente porque presentó una textura más suave, un sabor agradable y una consistencia característica de un batido.

### 6.3.2. Características fisicoquímicas

#### a. Propiedades reológicas

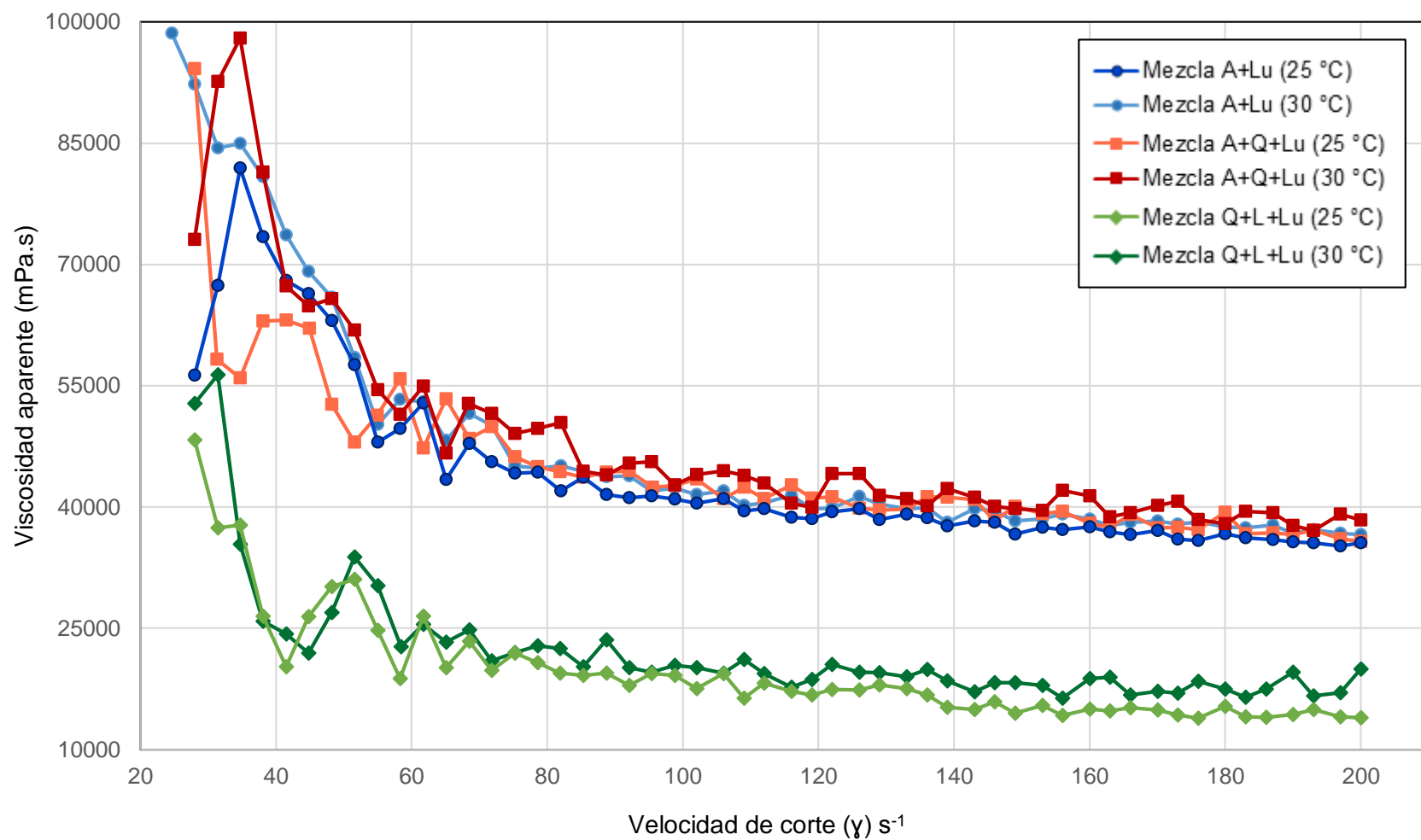
La Figura 3 muestra que las suspensiones de las tres mezclas tienen un comportamiento reológico propio de un fluido pseudoplástico (no Newtoniano), el cual se caracteriza por el decrecimiento de la viscosidad aparente con el incremento de la velocidad de corte (Rao, 1999). El índice de comportamiento de flujo ( $n$ ), en las tres mezclas fue menor a 1, confirmando el comportamiento pseudoplástico, (Tabla 30).

**Tabla 30.** Valores de los parámetros del modelo Ostwald de Waele, para las tres mezclas formuladas.

Mezcla	T°	k (Pa×s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
A+Lu	25	0,0094 ± 0,0002	0,8322 ± 0,0041	0,9964
	30	0,0265 ± 0,0016	0,6043 ± 0,0022	0,9760
A+Q+L u	25	0,0167 ± 0,0091	0,7092 ± 0,0031	0,9881
	30	0,0275 ± 0,0050	0,6162 ± 0,0007	0,9777
Q+L+Lu	25	0,0040 ± 0,0003	0,8515 ± 0,0054	0,9972
	30	0,0050 ± 0,0002	0,7744 ± 0,0033	0,9932

El coeficiente de consistencia ( $k$ ), es idéntica al concepto de viscosidad plástica, es decir, si el valor de  $k$  es alto, el fluido es más “viscoso” y viceversa. Este efecto se observó, al evaluar las mezclas a 30 °C.

Cabe destacar los valores de  $R^2$  encontrados, todos superiores a 97%, lo que indica un buen ajuste del comportamiento reológico con el modelo de Ostwald de Waele.



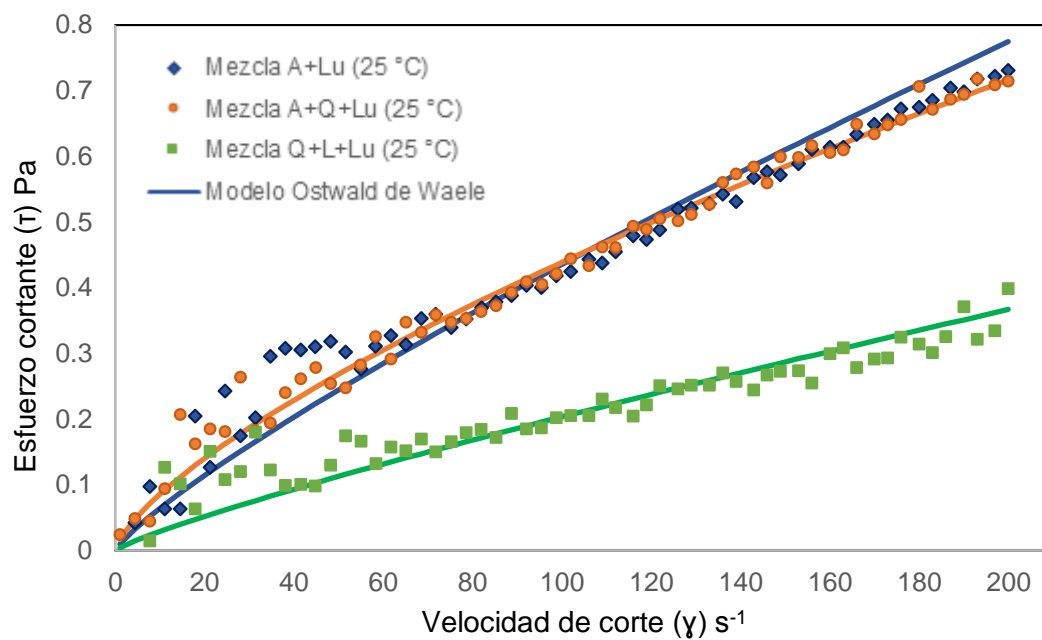
**Figura 3.** Comportamiento de la viscosidad aparente frente al gradiente de deformación, para las tres mezclas a 25 °C y 30 °C.

De la Figura 3 se observa que a mayor gradiente de deformación, menor es la viscosidad aparente, dando como resultado que las tres mezclas presentan el comportamiento de un fluido pseudoplástico (Rao, 1999).

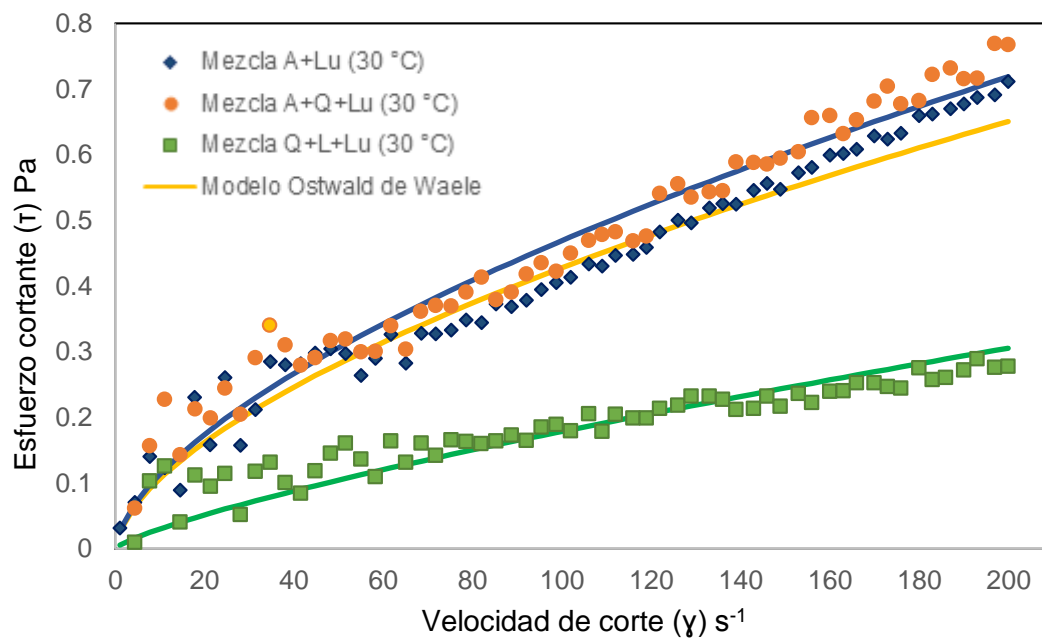
Las suspensiones que presentaron mayor resistencia al flujo fueron las mezclas de A+Lu y A+Q+Lu, independiente de la temperatura a la cual se realizó el análisis; a diferencia de la mezcla de Q+L+Lu, que tiene una menor resistencia al flujo, el cual puede atribuirse a la ausencia de harina de arroz en su formulación, puesto que los almidones presentes en la harina de arroz contribuyen a la formación de geles y actúa como agente espesante aumentando la viscosidad.

De la figura también se observa que la mezcla de A+Lu a 30 °C, presentó viscosidades entre 98628 y 36567 cp, mientras que a 25 °C alcanzó viscosidades entre 81939 y 35583 cp. La mezcla de A+Q+Lu, a una temperatura de 25 °C tuvo viscosidades entre 94207 y 35743 cp y a 30 °C entre 97979 y 38376 cp. Finalmente la mezcla de Q+L+Lu alcanzo viscosidades entre 56368 y 19939 cp (a 30 °C), y entre 48321 a 13896 cp a 25 °C. No se observaron diferencias significativas por efecto de la temperatura (aumento de 5 °C).

En las Figuras 4 y 5 se muestran las curvas de flujo (esfuerzo cortante como función de la velocidad de deformación) a las dos temperaturas evaluadas. En dichas figuras se puede observar el ajuste de los datos al modelo de Ostwald de Waele, así mismo confirmar una vez más el comportamiento de las suspensiones, propio de un fluido pseudoplástico.



**Figura 4.** Curvas de flujo para las tres mezclas evaluadas a una temperatura de 25 °C.



**Figura 5.** Curvas de flujo para las tres mezclas evaluadas a una temperatura de 30 °C.

b. Índice de solubilidad (ISA)

En la Tabla 31 se muestra el índice de solubilidad encontrado para las tres mezclas. Los valores corresponden al promedio de tres repeticiones.

**Tabla 31.** Índice de solubilidad en agua de las tres mejores mezclas formuladas.

Mezcla	Solubilidad en agua (%)
A + Lu	9,56 ± 0,26 <sup>a</sup>
A + Q + Lu	9,19 ± 0,38 <sup>ab</sup>
Q + L + Lu	8,34 ± 0,08 <sup>b</sup>

Promedios unidos por letras diferentes en la columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

De la tabla anterior se observa que las mezclas de A+Lu y A+Q+Lu presentaron los índices de solubilidad más altos y estadísticamente no difieren, siendo aún más favorable la solubilidad encontrada para la mezcla de A+Q+Lu ya que fue la mezcla con tendencia a ser la más aceptada sensorialmente.

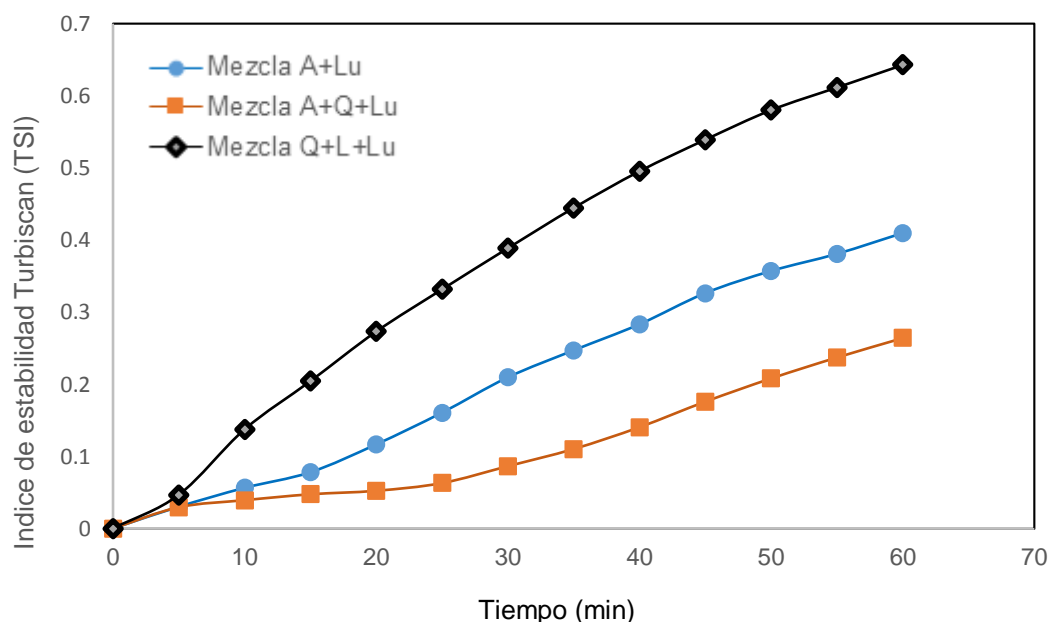
Los valores encontrados son similares a los reportados por Arcila y Mendoza (2006), quienes encontraron para una mezcla alimenticia elaborado con harinas de amaranto, arroz y maíz valores entre 8,79 a 9,50% de solubilidad.

Los valores encontrados en las mezclas concuerdan con lo señalado por Vasanthan (2001), quien manifiesta que las harinas obtenidas por el proceso de extrusión son altamente solubles, debido a la pre gelatinización de los gránulos de almidón, lo que provoca la pérdida del orden molecular y la

completa degradación de los polímeros con la formación de fragmentos altamente solubles.

### c. Sedimentación de partículas

En la Figura 6, se muestra el Índice de Estabilidad Turbiscan (TSI) para las tres mezclas, analizadas a 25 °C (temperatura ambiente).



**Figura 6.** Índice de estabilidad turbiscan (TSI) de las tres mejores mezclas formuladas.

De la figura se observa una mayor estabilidad (menor sedimentación) para la mezcla de A+Q+Lu, seguido de la mezcla A+Lu, mientras que la mezcla de Q+L+Lu presentó un TSI más alto (más inestable), el cual puede atribuirse a la precipitación de algunas partículas que no lograron disolverse, lo cual se encuentra en relación directa con el índice de solubilidad encontrado para esta mezcla (8,34%). También cabe señalar que las mezclas que presentaron



mayor viscosidad aparente (A+Lu y A+Q+Lu) son las que sedimentan más lento, lo que se atribuye a mayores fuerzas de fricción (del fluido) que experimentan las partículas que no lograron disolverse, siendo menor la resistencia en la mezcla de Q+L+Lu (menor viscosidad).

En la Tabla 32 se presentan los valores del Índice de estabilidad turbiscan (TSI) para las tres mezclas, analizadas por un periodo de 1 hora.

**Tabla 32.** Índice de estabilidad turbiscan (TSI) de las tres mezclas a 1 h.

Mezcla	TSI
A+Lu	0,4093 ± 0,0178 <sup>b</sup>
A+Q+Lu	0,2641 ± 0,0423 <sup>a</sup>
Q+L+Lu	0,6426 ± 0,1659 <sup>c</sup>

Valores que no llevan la misma letra en la columna, son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

De la Tabla 32 se confirma que la mezcla de A+Q+Lu es la más estable, puesto que tiene un valor de TSI de 0,2641 menor al de las otras mezclas. Es decir esta mezcla tiende a sedimentar significativamente en un largo tiempo (mayor a 1 h).

Finalmente esta mezcla fue la formulación elegida como óptima, por sus características fisicoquímicas, así mismo por presentar una tendencia a ser la de mayor aceptación y preferencia.

## 6.4. Caracterización de la mezcla óptima (A+Q+Lu)

### 6.4.1. Análisis microbiológico

En la Tabla 33 se presentan los resultados de los análisis microbiológicos realizados a la mezcla óptima, los que fueron comparados con los criterios señalados en el RSA. De acuerdo a los valores obtenidos, el recuento de aerobios mesófilos y de *S. aureus* cumplió con lo estipulado.

**Tabla 33.** Resultados del análisis microbiológico, para la mezcla más aceptada (A+Q+Lu).

Recuento (UFC/g)	Mezcla A+Q+Lu	RSA*
Aerobios mesófilos	$< 1,0 \times 10^2$	$< 5 \times 10^4$
<i>S. aureus</i>	$< 10$	$< 10^2$
Mohos	$2,1 \times 10^2$	$< 10^4$
Levaduras	$< 10$	$< 5 \times 10^3$
Coliformes totales	$< 10$	$< 20$
Salmonella en 50 g.	Ausencia	Ausencia

\* Reglamento Sanitario de los Alimentos 2015.

Los resultados de mohos, levaduras y coliformes totales indican que no hubo alteraciones por posible contaminación durante la formulación y mezclado, dado los bajos recuentos de estos microorganismos, en cuanto a Salmonella, no se detectó su presencia, pues las condiciones de envasado y almacenamiento fueron debidamente controladas.

#### 6.4.2. Análisis de peróxidos

El análisis de la mezcla A+Q+Lu que estuvo preparada y almacenada por más de 30 días, arrojó un índice de peróxidos de 3,8 meq O<sub>2</sub>/kg de grasa, el cual se encuentra muy por debajo del límite máximo exigido por el MINSAL (2009), de 6,5 meq O<sub>2</sub>/kg de grasa. Por lo que la mezcla presenta una buena estabilidad oxidativa para el tiempo en que estuvo almacenada, y se espera no superar los 8 meq O<sub>2</sub>/kg de grasa para los 60 días, debido al bajo contenido de grasa en la mezcla.

#### 6.4.3. Análisis proximal

Los resultados del análisis proximal se detallan en la Tabla 34.

**Tabla 34.** Resultados del análisis proximal de la mezcla A+Q+Lu de mayor aceptación.

<b>Componente</b>	<b>100 g de mezcla</b>	<b>En una porción de 25 g</b>
Humedad (g)	6,6 ± 0,09	1,65
Grasa (g)	11,9 ± 0,18	2,98
Proteína (g)	27,0 ± 0,85	6,75
Fibra cruda (g)	1,3 ± 0,06	0,33
Cenizas (g)	2,2 ± 0,05	0,55
Carbohidratos (g)	51,0 ± 1,04	12,75
Energía (kcal)	419	104,75

De la tabla anterior se destaca el contenido proteico alcanzado (27%), el cual permite complementar un 18,5% del requerimiento diario de proteínas para niños de 11 años a más, esto con la ingesta de una porción de 25 g de mezcla.

Cabe recordar que el requerimiento diario de proteínas para niños de 11 años, según la FAO/OMS (2007) es de 36,4 g proteína/día (con un peso ideal para dicha edad de 41 kg).

La cantidad de grasa encontrada fue del 11,9%, y su mayor aporte corresponde a la incorporación de la grasa vegetal (grasa de coco), que entre otros aporta ácidos grasos insaturados como ácido oleico y ácido linoléico, que no presentan un problema en el metabolismo humano si no que favorece la digestión (Padron, 2015).

El bajo contenido de humedad encontrado (6,6%), asegura la estabilidad química y microbiológica del producto en el tiempo.

También es merecer destacar el aporte de energía de la mezcla, 419 kcal/100 g y según la FAO (2003), las necesidades en promedio de energía para niños entre 11 a 12 años es de 2240 kcal/día y para niñas de 1980 kcal/día, por lo que el consumo de dos porciones del producto (50 g), permitiría complementar entre un 9 y 11% de la energía requerida por los niños y niñas de 11 años.

En la Tabla 35 se presenta la composición químico proximal de la leche de vaca entera en polvo, el cual a diferencia de la mezcla alimenticia aporta un mayor contenido de grasas y cenizas; sin embargo, los contenidos de proteínas son muy similares (alrededor del 26,32%) lo que resulta favorable para la mezcla alimenticia tener una cantidad de proteína disponible para complementar los requerimientos de los niños mayores de 11 años. También es importante destacar el aporte en fibra cruda de la mezcla, que si bien no representa con exactitud la fibra dietética disponible, pero es un indicador de que el consumo de la mezcla permitiría regular la motilidad gastrointestinal, promover la laxación, entre otros beneficios.

**Tabla 35.** Composición químico proximal de la mezcla alimenticia y comparación con los nutrientes de la leche entera en polvo (en base a 100 g de alimento).

<b>Componente</b>	<b>Mezcla alimenticia (A+Q+Lu)</b>	<b>Leche entera en polvo*</b>
Humedad (g)	6,6 ± 0,09	2,47
Grasa (g)	11,9 ± 0,18	26,71
Proteína (g)	27,0 ± 0,85	26,32
Fibra cruda (g)	1,3 ± 0,06	--
Cenizas (g)	2,2 ± 0,05	6,08
Carbohidratos (g)	51,0 ± 1,04	38,42
Energía (kcal)	419	496

\* Fuente: Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015)

En cuanto al etiquetado nutricional que llevaría la mezcla alimenticia según el Decreto Supremo N° 13 de la Ley 20.606 (2015) que precisó nuevos límites para los nutrientes expresados en base a 100 g de alimento sólido o 100 mL de alimento líquido (Tabla 36); la mezcla alimenticia no llevaría ningún sello de advertencia puesto que sus nutrientes se encuentran por debajo de los límites, ya que al ser reconstituida para su consumo (25 g en 175 mL de agua) solo aporta 1,49 g de grasa/100 mL y 52,38 kcal/100 mL.

**Tabla 36.** Límites de energía, azúcares, sodio y grasas saturadas.

<b>Nutriente o energía</b>	<b>Energía (kcal)</b>	<b>Sodio (mg)</b>	<b>Azúcares totales (g)</b>	<b>Grasas saturadas (g)</b>
Alimento sólido (100 g)	350	800	22,5	6
Alimento líquido (100 mL)	100	100	6	3
Mezcla alimenticia reconstituida (100 mL)	52,38	--	--	1,49

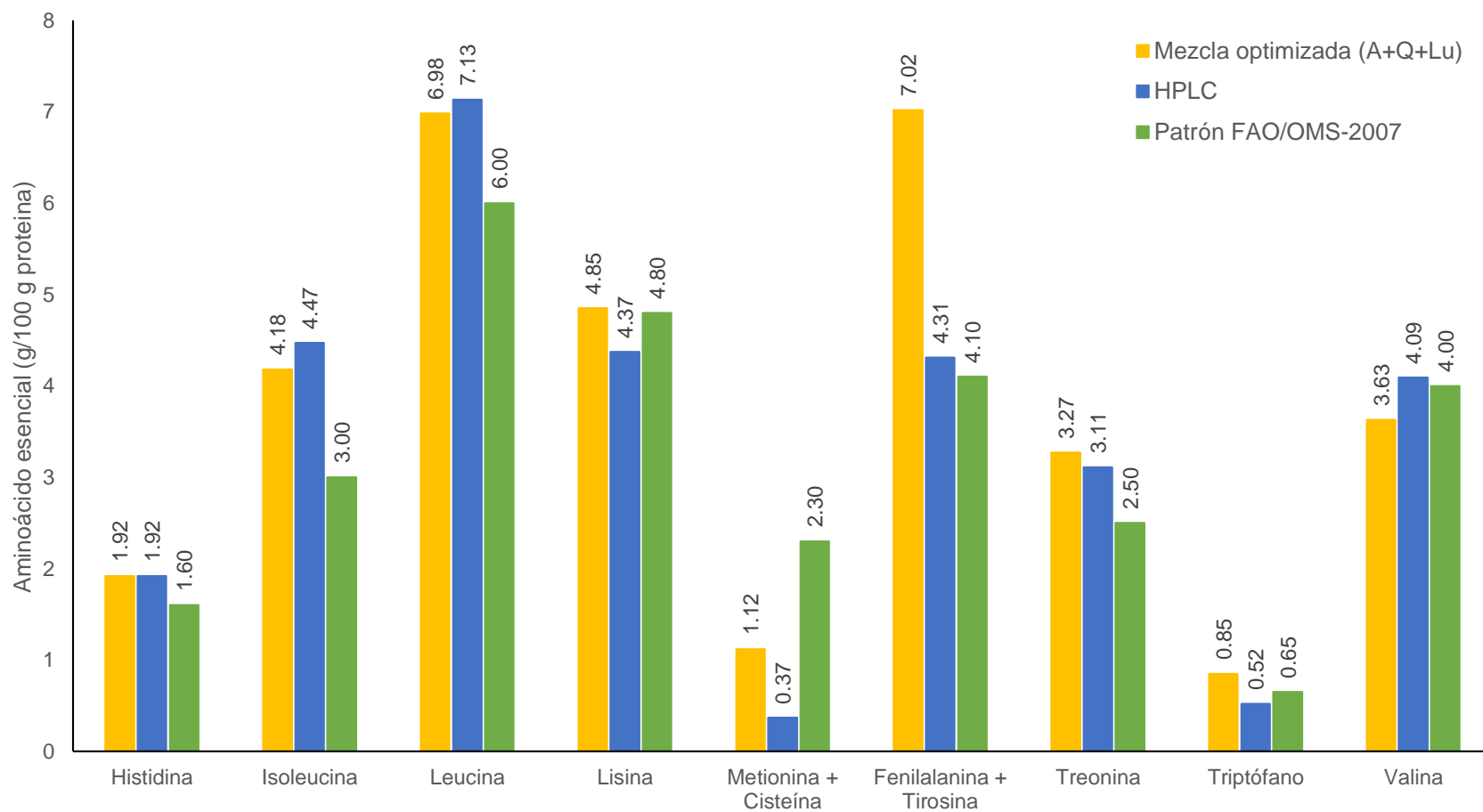
Una búsqueda en el mercado nacional de productos con características similares y enfocadas a personas que deban eliminar la leche de vaca y/o deban quitar de su dieta los alimentos que tengan gluten, permitió identificar que muchos de éstos solo aportan como máximo 25 g de proteína en 100 g de producto, como se detalla en la Tabla 37. La mezcla alimenticia se encontraría por encima de los demás productos, posicionándose como una buena alternativa y fuente de proteína de bajo costo.

**Tabla 37.** Aporte de proteínas de productos comerciales, similares a la mezcla alimenticia.

<b>Producto (Marca)</b>	<b>Aporte de proteínas en 100 g</b>
Mezcla alimenticia A+Q+Lu	27,0
Leche de soya en polvo (Olivebra)	25,0
Leche de soya en polvo (Ecomil)	17,0
Ensure Advance en polvo	16,16
Leche de amaranto en polvo (Nitay)	16,00
Leche de almendra en polvo (Ecomil)	15,0
Leche de quinoa en polvo (Nitay)	9,10
Leche de quinoa en polvo (Ecomil)	7,50

## 6.5. Composición de aminoácidos esenciales de la mezcla óptima

En el Anexo 8 se detalla el perfil aminoacídico para la mezcla óptima (A+Q+Lu) y en la Figura 7, se muestra el contenido de aminoácidos esenciales, comparado con los valores reportados por la optimización y el patrón de aminoácidos de la FAO/OMS 2007.



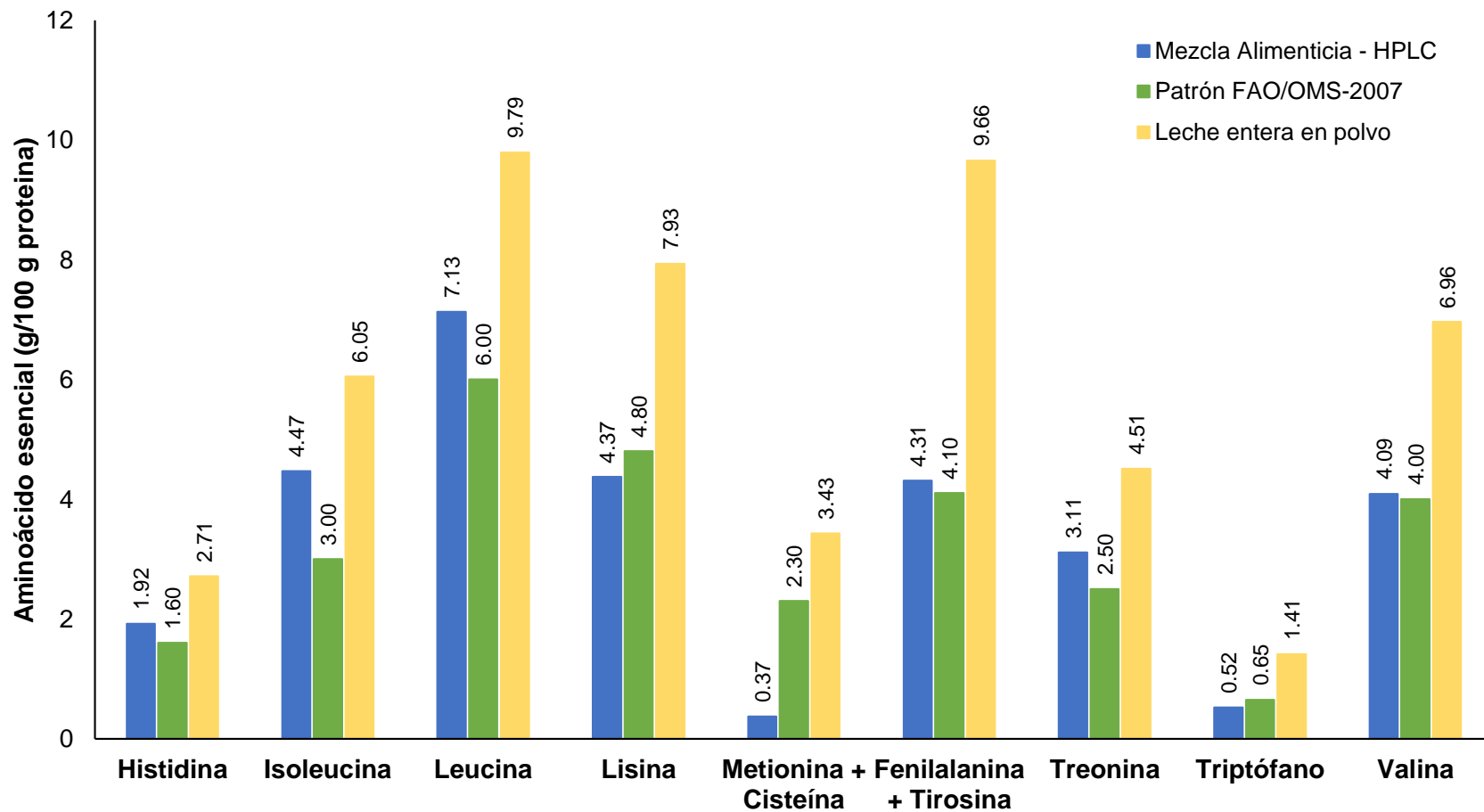
**Figura 7.** Contenido de aminoácidos esenciales de la mezcla A+Q+Lu determinado por HPLC y comparación con los resultados de la optimización y patrón de la FAO/OMS-2007.

Los aminoácidos determinados por HPLC, confirman que la mezcla de A+Q+Lu presenta y supera el patrón de referencia en los siguientes aminoácidos: histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina + tirosina, treonina y valina, alcanzando cubrir el 91% en lisina, 80% en triptófano y el 16% en los aminoácidos azufrados (metionina + cisteína). Estos últimos aminoácidos (metionina y cisteína) ya se habían cuantificado en bajos niveles en las harinas, por lo que era de esperarse tener bajos niveles en la mezcla, y como lo señala Ascheri y cols (2003) se puede atribuir a la ocurrencia de reacciones químicas durante el proceso de extrusión que se tenga una proteína de baja calidad con bajos niveles de aminoácidos sulfurados; a esto se le suma la ocurrencia de posibles degradaciones durante el tiempo que tomo hacer las formulaciones y los respectivos análisis.

Por otro lado el tratamiento ácido de la mezcla para la obtención de aminoácidos libres en el análisis por HPLC, pudo haber ocasionado la cuantificación de bajos niveles de triptófano, metionina y cisteína, ya que según Buzzigoli y col. (1990) mencionado por Aranda (2002), el tratamiento ácido destruye el triptófano, la metionina y la cisteína, y parcialmente a la serina y treonina; la asparagina y la glutamina son interconvertidas a ácido aspártico y a ácido glutámico, respectivamente. Según Aranda (2002), la completa obtención de aminoácidos libres a partir de la hidrólisis de la proteína, es uno de los factores más limitante en la determinación de aminoácidos en alimentos, por lo cual recomienda trabajar con metodologías que involucren otros reactivos y dispositivos, o emplear un tratamiento enzimático.

En la Figura 8 se hace una comparación entre el contenido de aminoácidos esenciales de la mezcla óptima, los valores recomendados por la FAO/OMS y los valores para la leche entera en polvo.





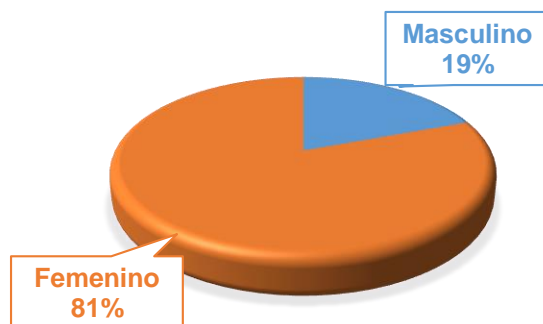
\* Aminoácidos esenciales de la leche entera en polvo, fueron obtenidos de la Base de Datos de Nutrientes USDA (US Department of Agriculture, 2015).

**Figura 8.** Comparación de los aminoácidos esenciales de la mezcla óptima, con el patrón de la FAO y la leche entera en polvo.

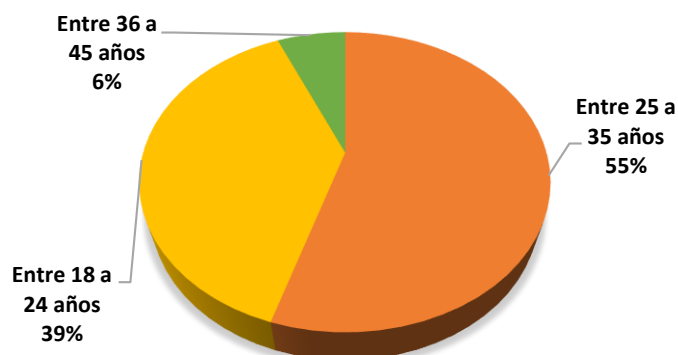
De la Figura 8 se observa que la mezcla alimenticia alcanza a cubrir numéricamente más del 50% de seis aminoácidos de la leche entera en polvo entre ellos histidina, isoleucina, leucina, lisina, treonina y valina; mientras que para el triptófano cubre el 36,87%, para la fenilalanina + tirosina se cubre el 44,61% y para los aminoácidos azufrados (metionina + cisteína) se alcanza a cubrir el 10,78%. En términos generales la mezcla alimenticia alcanza aproximadamente un puntaje químico o score químico del 54,7% en comparación con la leche en polvo, siendo la metionina + cisteína los aminoácidos limitantes de la mezcla.

#### 6.6. Estudio exploratorio de consumo del producto en hogares

En el estudio exploratorio se contó con la participación de 31 personas, siendo estos los miembros de las familias que debían o querían eliminar la leche de vaca y/o debían eliminar el gluten de su alimentación; de ellos el 81% era del género femenino y el 19% masculino (Figura 9). La edad de los encuestados fluctuó entre los 18 a 45 años, siendo el rango entre los 25 a 35 años donde estuvo el mayor número de personas encuestadas (Figura 10).

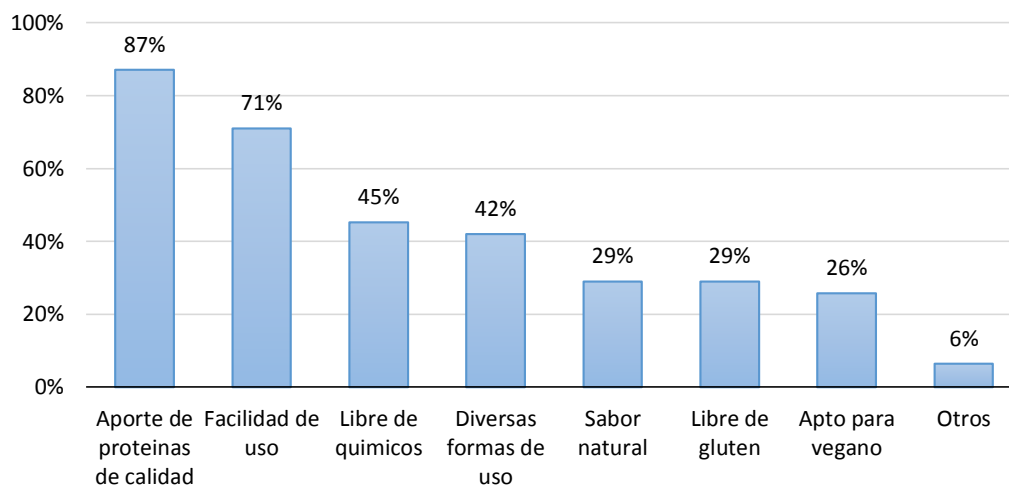


**Figura 9.** Género de las personas encuestadas.



**Figura 10.** Rango de edades de las personas encuestadas.

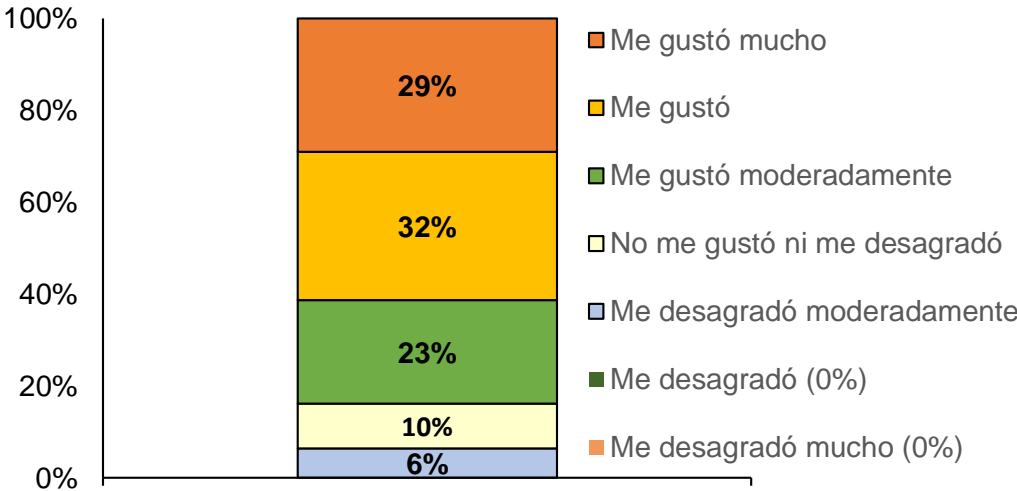
Después de probar y conocer la información nutricional del producto, los encuestados señalaron que entre los mayores aspectos que les atrajo del producto, estuvo su aporte de proteínas de calidad, su facilidad de uso, seguido de otras características que se detallan en la Figura 11.



**Figura 11.** Aspectos del producto que fueron atraídos por los encuestados.

Al preguntar a los encuestados cómo calificaría el producto en una escala de 1 a 7, la nota promedio fue de 5,7; siendo mayor la aceptación en comparación a los resultados encontrados en la evaluación sensorial con los estudiantes (4,7), esto puede atribuirse a que en su mayoría los encuestados siguen una dieta de solo

vegetales, encontrando un sabor familiar a este tipo de producto. El 29% de los encuestados afirmaron que les “gustó mucho”, a un 32% les “gustó” y un 23% les “gustó moderadamente” sumando un 84% de aceptación positiva (Figura 12).



**Figura 12.** Aceptabilidad general del producto.

Al preguntar a los encuestados qué fue lo que les gustó específicamente del producto, éstos contestaron en forma espontánea: sus características nutricionales, atributos sensoriales, entre otros, como se detalla en la Tabla 38.

**Tabla 38.** Características que gustaron, mencionadas en forma espontánea.

Característica que gustó	Porcentaje (%) N = 31
<b>Nutricional</b>	
Aporte de nutrientes	16
Aporte de proteínas	6
<b>Atributos sensoriales</b>	
Sabor agradable	26
Consistencia	10
Sabor neutro	6
Capacidad de espesar	3
Textura	3

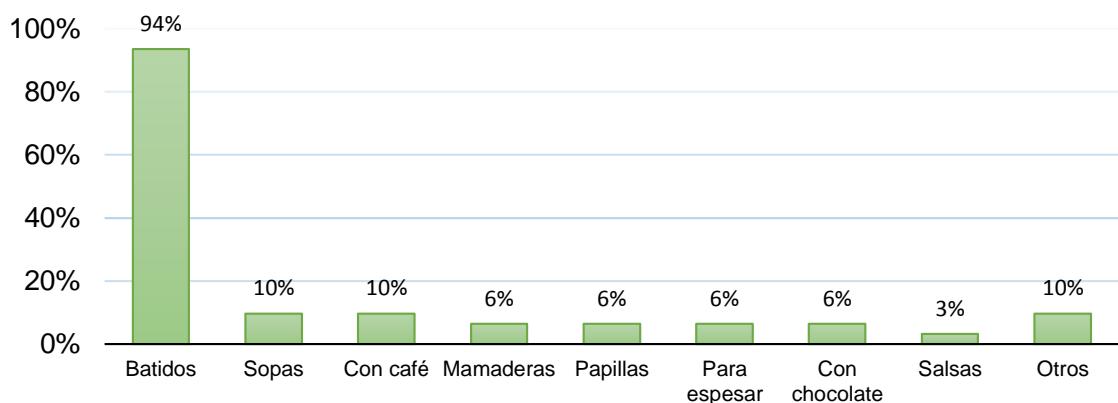
<b>Otros</b>	
Fácil de preparar	35
Diversas formas de uso	10
Su uso en batidos	6
Libre de explotación animal	3
Ingredientes vegetales	3
Como reemplazo de la leche	3
<b>No gustó nada</b>	0

Sin embargo, también se preguntó qué características o aspectos fue que les desagradó, las respuestas se encuentran detalladas en la Tabla 39.

**Tabla 39.** Características que desagradaron, mencionadas en forma espontánea.

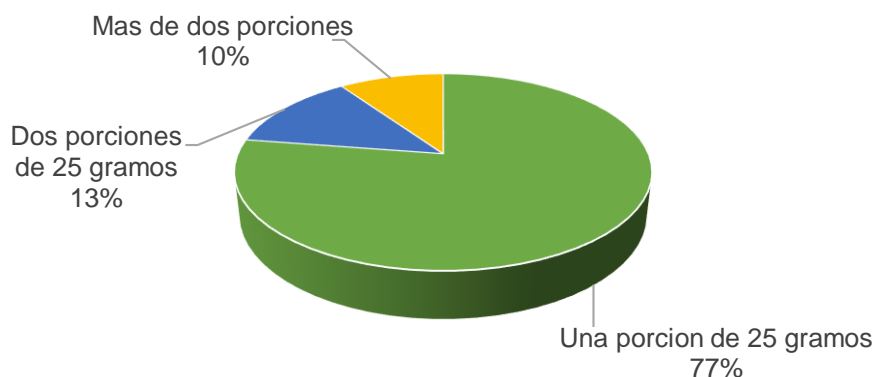
<b>Característica que desagradó</b>	<b>Porcentaje (%) N = 31</b>
<b>Nutricional</b>	
Ligero exceso de calorías	3
<b>Atributos sensoriales</b>	
Sabor/sabor intenso	39
Textura	16
Muy espeso	3
Un poco ácido	3
Sabor residual	3
<b>Otros</b>	
Mala disolución	6
Modo de preparación	3
Sedimentación	3
<b>No desagradó nada</b>	35

Las preparaciones en las que se usó el producto fueron en: batidos, sopas, acompañado con café, en mamaderas, papillas, para espesar preparaciones, acompañado con chocolate, en salsas y otros; siendo el batido la de mayor preparación, esto puede deberse a la receta opcional que se otorgó en conjunto con el producto. En la Figura 13, se observa la frecuencia con que se usaron en dichas preparaciones.



**Figura 13.** Preparaciones en que se usó el producto.

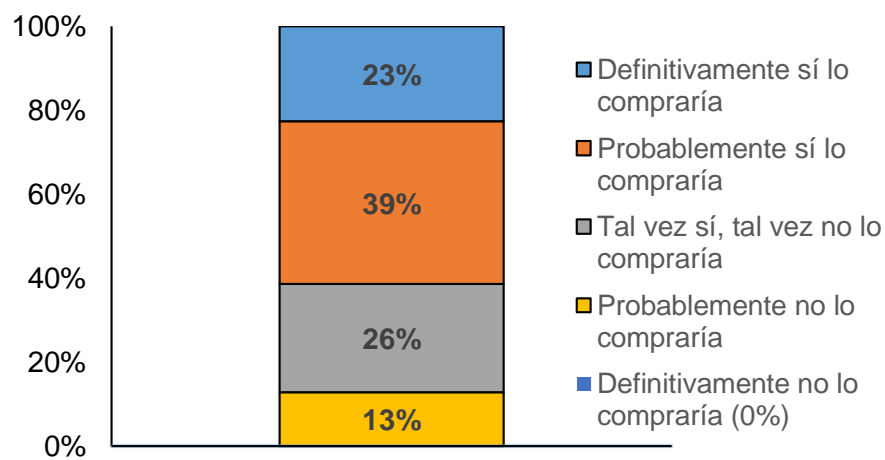
Al preguntar cuál fue la cantidad usada del producto por preparación, más de la mitad de los encuestados (77%) respondió una porción de 25 gramos (equivalente a 6 cucharaditas colmadas), que fue la cantidad recomendada para complementar con un 18,5% del requerimiento de proteínas; sin embargo, existe un 23% de los encuestados que usó entre 2 a más porciones, siendo aún mayor el aporte de proteínas (Figura 14).



**Figura 14.** Cantidad usada del producto por preparación.

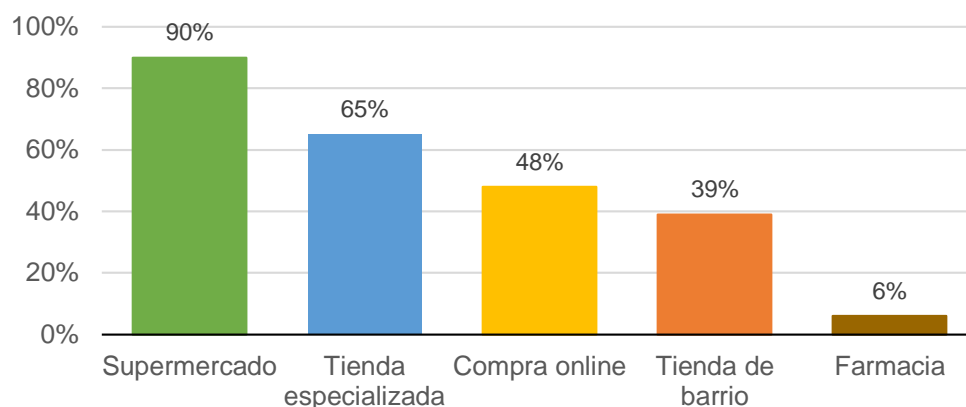
A la pregunta sobre la intención de compra, cuando el producto esté disponible en el lugar donde compra habitualmente, el 23% respondió que definitivamente si lo compraría, seguido de un 39% que probablemente si lo compraría (Figura 15), sumando un 62% de intención de compra positiva, lo cual está relacionado

directamente con la aceptación general del producto y por sus características señaladas en la Figura 11. Por otro lado el 26% de los encuestados respondió que tal vez si, tal vez no lo compraría y un 13% probablemente no lo compraría, haciendo un 38% de intención de compra negativa, lo cual puede atribuirse a las características señaladas en la Tabla 39, a pesar de ello existe una tendencia positiva de compra del producto.



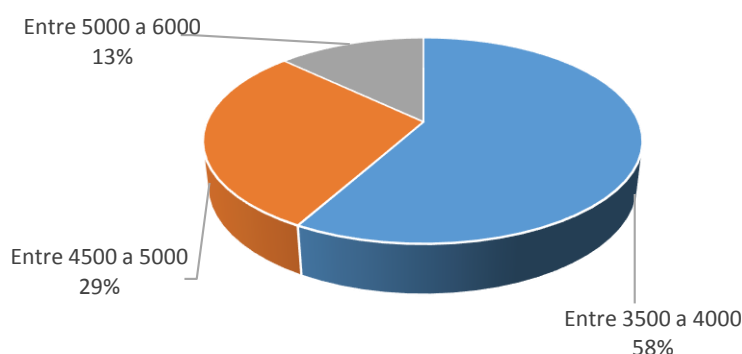
**Figura 15.** Intención de compra del producto.

Los lugares preferidos por los encuestados donde desearían comprar el producto fueron los supermercados y tiendas especializadas (Figura 16), por lo que es una buena opción colocar puntos de venta y distribuir el producto en dichos lugares.



**Figura 16.** Lugares donde se desearía comprar el producto.

Finalmente se preguntó por cuanto estaría dispuesto a pagar por el producto si estuviera a la venta en un envase de 300 gramos. Ante ello el 58% de los encuestados respondió que entre \$3500 a \$4000 (Figura 17). Considerando el precio de la mezcla alimenticia en 300 gramos calculado con relación a la Tabla 27, se tiene un precio de 288,63 pesos y sumándole a este los costos del envase, etiquetado, embalado, personal y los que considere la empresa, se obtendrían beneficios con el precio que están dispuesto a pagar los encuestados, pudiéndose fijar un precio de 4000 pesos por 300 g de mezcla alimenticia.



**Figura 17.** Precio dispuesto a pagar por una presentación de 300 gramos.

Al comparar la mezcla alimenticia con productos en el mercado de características similares y enfocadas a personas que deban eliminar la leche de vaca, el gluten



o que siguen una dieta vegetariana, se tiene que la mezcla alimenticia alcanzaría a posicionarse como la de menor precio y con un contenido de proteína superior a las demás (Tabla 40), siendo una excelente alternativa para personas mayores a los 11 años que son intolerantes a la lactosa, que padecen de la enfermedad celiaca o por tener una dieta vegetariana o vegana.

**Tabla 40.** Productos disponibles en el mercado de características similares a la mezcla alimenticia.

<b>Producto (Marca)</b>	<b>Aporte de proteínas en 100 g</b>	<b>Presentación (g por envase)</b>	<b>Precio de venta (según presentación) **</b>
Mezcla alimenticia A+Q+Lu	27,0	300*	\$4000
Leche de soya en polvo (Olivebra)	25,0	250	\$5100
Leche de soya en polvo (Ecomil)	17,0	400	\$15500
Ensure Advance en polvo	16,16	400	\$8599
Leche de amaranto en polvo (Nitay)	16,00	350	\$6290
Leche de almendra en polvo (Ecomil)	15,0	400	\$15190
Leche de quinoa en polvo (Nitay)	9,10	350	\$6490
Leche de quinoa en polvo (Ecomil)	7,50	400	\$13590

\* Presentación propuesta.

\*\* Precio de venta en Supermercados Líder, Jumbo, tienda Organisk y farmacia Salcobrand.

## VII. CONCLUSIONES

Las harinas extruidas seleccionadas para formular la mezcla alimenticia, fueron arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce.

La caracterización microbiológica de las harinas arrojó ausencia y bajos recuentos de microorganismos estando dentro de los límites exigidos por el RSA. El análisis proximal encontró un mayor contenido de proteínas en la harina de lupino dulce con 42,8%, seguido de las harinas de lenteja y quinoa con 26,3% y 18,1% respectivamente; mientras que las harinas de maíz y arroz presentaron 7,9% y 6,5% de proteína. La cuantificación de aminoácidos reportó niveles más altos de isoleucina, cisteína y tirosina en la harina de lupino dulce, en la harina de quinoa destacó histidina, treonina y lisina, en la harina de maíz destacó su aporte en leucina, mientras que en la harina de arroz destacó su aporte en valina, metionina y fenilalanina. En la formulación de las mezclas se consideraron todas las posibles combinaciones asegurándose la presencia de un cereal y leguminosa para lograr la complementación de aminoácidos.

La optimización de las formulaciones permitió encontrar tres combinaciones que sobresalieron, la primera conformada por arroz + lupino dulce (35,02:64,98), la segunda de arroz + quinoa + lupino dulce (31,35:6,96:61,69) y la tercera de quinoa + lenteja + lupino dulce (5,10:50,96:43,94). La mezcla final consistió en un 87% de la combinación cereal/leguminosa), un 12% de grasa vegetal y 1% de vitaminas y minerales.

La evaluación sensorial de las tres mezclas indicó una tendencia de mayor aceptación y preferencia por la mezcla de arroz + quinoa + lupino dulce, al mismo tiempo sus características fisicoquímicas la favorecieron, ya que alcanzó un índice de solubilidad más alto, que fomentó una mayor viscosidad aparente y una

sedimentación de partículas más lenta (estable en el tiempo), siendo esta la mezcla seleccionada como óptima; su caracterización microbiológica indicó ausencia y bajos recuentos de microorganismos, el índice de peróxidos reveló una adecuada estabilidad oxidativa, ya que no superó el límite máximo exigido por el MINSAL. El contenido de proteínas fue del 27%, por lo cual el consumo de una porción de la mezcla alimenticia (25 g) permite complementar un 18,5% del requerimiento diario de proteínas para niños mayores de 11 años.

Los aminoácidos esenciales cuantificados por HPLC superaron los valores del patrón de la FAO 2007 en los siguientes aminoácidos: histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina + tirosina, treonina y valina, alcanzando a cubrir el 91% en lisina, 80% en triptófano y el 16% de los aminoácidos azufrados (metionina + cisteína), siendo estos últimos los aminoácidos limitantes de la mezcla.

El estudio exploratorio de consumo del producto en hogares, encontró que el 84% de los encuestados (26 de 31 personas) calificaron positivamente el producto con un puntaje de aceptabilidad promedio de 5,7 (escala de 1 a 7), detallando en forma espontánea que entre las características que más gustaron estuvieron: un sabor agradable, su consistencia (textura) y su aporte de nutrientes, siendo el batido la preparación en la que se usó con mayor frecuencia. La intención de compra del producto fue del 62% con preferencia a ser adquirido en los supermercados, con un precio entre 3500 a 4000 pesos por 300 g de producto.

El aporte en proteínas de la mezcla alimenticia supera al de otros productos disponibles en el mercado y al mismo tiempo se posiciona como la de menor precio, logrando complementar la alimentación de personas mayores a los 11 años que deben eliminar de su dieta, el gluten, la leche de vaca, o para personas que siguen una dieta vegetariana o vegana.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Almeida-Dominguez, N. G., Valencia, M., & Higuera-Ciapara, I. (1990). Formulation of Corn-Based Snacks with High Nutritive Value: Biological and Sensory Evaluation. *Journal of Food Science*, 55(1), 228-231.
2. Apro, N. J., Rodríguez, J., Orbea, M. M., & Puntieri, M. V. (2004). *Desarrollo de harinas compuestas precocidas por extrusión y su aplicación en planes alimentarios*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2015, de Instituto Nacional de Tecnología Industrial: <http://www-biblio.inti.gob.ar/gsd/collect/inti/index/assoc/HASH0154/b1adeb7d.dir/doc.pdf>
3. Apró, N., Rodríguez, J., Gornatti, C., Cuadrado, C., & Secreto, P. (2000). La extrusión como tecnología flexible de procesamiento de alimentos. *Jornadas de Desarrollo e Innovación*.
4. Aranda Ruiz, J. (2002). *Desarrollo de un método por cromatografía de líquidos de alta resolución para análisis de aminoácidos en ingredientes utilizados en la alimentación animal*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.
5. Arcila, N., & Mendoza, Y. (2006). Elaboración de una bebida instantánea a base de semillas de amaranto (*Amaranthus cruentus*) y su uso potencial en la alimentación humana. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(1), 114-124.
6. Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013). Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. *Food Science, Technology and Nutrition*, 248, 283-438.
7. Ascheri, J. L., Mathias da S., V. L., Nascimento, R. E., & Spehar, C. R. (2003). Harina instantánea mixta de quinoa integral (*Chenopodium quinoa* Willd.) y harina de arroz: I. Efecto de las condiciones de extrusión en la composición contesimal, aminoácidos y minerales. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, 340, 81-88.
8. Ayala, G. (2004). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. En J. Seminario, *Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003) No 6* (págs. 100-112). Lima, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

9. Badi, S., Pedersen, B., Monowar, L., & Eggum, B. O. (1990). The nutritive value of new and traditional sorghum and millet foods from Sudan. *Plant Foods for Human Nutrition*, 40(1), 5-19.
10. Barbana, C., & Boye, J. I. (2013). In Vitro Protein Digestibility and Physico-Chemical Properties of Flours and Protein Concentrates from Two Varieties of Lentil (*Lens Culinaris*). *Food & Function*, 4(2), 310-321.
11. Ben Haj Koubaier, H., Snoussi, A., Essaidi, I., M., C., & Bouzouita, N. (2015). Cake quality evaluation made of wheat-lentil flour blends. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*, 937-942.
12. Berger, K. G., & Hashim, H. M. (1985). Usos alimenticios del coco. *Palmas*, 2(6), 47-57.
13. Brignardello, G., Heredia, P., Ocharán, S., & Durán, A. (2013). Conocimientos alimentarios de vegetarianos y veganos chilenos. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(2), 129-134.
14. Briones, J. E. (2011). *Obtención de harinas de cereales y leguminosas precocidas y su aplicación en alimentos para el adulto mayor*. Tesis para obtener el grado de maestro en Ciencias en Alimentos, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México.
15. Caldera Pinto, Y. (2013). *Legislación de los Complementos Alimenticios en América Latina*. Recuperado el 17 de Enero de 2017, de Infoalimentario: [http://infoalimentario.com/web/Infoalimentario/Documentos-de-interes/Suplementos/4-JUSTE\\_cuadernillo.pdf](http://infoalimentario.com/web/Infoalimentario/Documentos-de-interes/Suplementos/4-JUSTE_cuadernillo.pdf)
16. Castro M., T. P. (2015). *Desarrollo y caracterización de un Suplemento Infantil enriquecido con Zinc tipo papilla para niños que habitan en la Zona Rural*. Tesis para optar el grado de Licenciado en Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil, Ecuador.
17. Cerezal M., P., Acosta B., E., Rojas V., G., Romero P., N., & Arcos Z., R. (2012). Desarrollo de una bebida de alto contenido proteico a partir de algarrobo, lupino y quinoa para la dieta de preescolares. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 232-243.
18. Cerezal M., P., Urtuvia G., V., Ramirez Q., V., Romero P., N., & Arcos Z., R. (2011). Desarrollo de productos sobre la base de harinas de cereales y

- leguminosas para niños celiacos entre 6 y 24 meses; I: Formulación y aceptabilidad. *Nutrición Hospitalaria*, 26(1), 152-160.
19. Cerón, F. C., Guerra, M. L., Legarda, G. J., Enriquez, C. M., & Pismag, P. Y. (2016). Efecto de la extrusión sobre las características fisicoquímicas de harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 92-99.
20. CHILE. Ministerio de Salud. (2015). Decreto N° 13 de la Ley 20.606: Sobre composición nutricional de los alimentos y su publicidad.
21. COACEL. (2015). *Diferencias entre enfermedad celíaca, sensibilidad no celiaca al gluten y alergia a las proteínas del trigo*. Recuperado el 22 de Abril de 2016, de Corporación de Apoyo al Celíaco: <http://www.coacel.cl/diferencias-entre-enfermedad-celiaca-sensibilidad-no-celiaca-al-gluten-y-alergia-las-proteinas-del>
22. Codex Alimentarius. (2007). *Cereales, legumbres, leguminosas y productos proteínicos vegetales*. Recuperado el 4 de Agosto de 2016, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/3/a-a1392s.pdf>
23. CODEX STAN, 1. (1991). *Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: [www.fao.org/input/download/standards/32/CXS\\_001s.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/32/CXS_001s.pdf)
24. Daroch, E. S. (2002). *Sustitución parcial de la harina de pescado por harina de haba (Vicia faba var. Minor (Harz) Beck) en la formulación de alimento para salmónidos*. Tesis para optar el grado de Licenciado en Ingeniería en Alimentos, Universidad Austral de Chile, Escuela de Ingeniería en Alimentos, Valdivia.
25. De la Paz Castro, V. G. (2012). *Obtención y optimización de la mezcla para una bebida instantánea dirigida a un programa de alimentación escolar*. Tesis para optar el grado de Licenciado en Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.
26. Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2016). InfoStat, versión 2016. *Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba*. Argentina.

27. Dogan, H., Gueven, A., & Hicsasmaz, Z. (2013). Extrusion Cooking of Lentil Flour (Lens Culinaris–Red)–Corn Starch–Corn Oil Mixtures. *International Journal Of Food Properties*, 16(2), 341-358.
28. Eggum, B., Monowar, L., Knudsen, K., Munck, L., & Axtell, J. (1983). Nutritional quality of sorghum and sorghum foods from Sudan. *Journal of Cereal Science*, 127-137.
29. El-Moniem, G. M., Honke, J., & Bednarska, A. (2000). Effect of frying various legumes under optimum conditions on amino acids, in vitro protein digestibility, phytate and oligosaccharides. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(1), 57-62.
30. Elsohaimy, S. A., Refaay, T. M., & Zaytoun, M. A. (2015). Physicochemical and Functional Properties of Quinoa Protein Isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 297-305.
31. FAO. (2002). *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2015, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s00.htm>
32. FAO. (2003). *Necesidades Nutricionales*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2016, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura: <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf>
33. FAO/WHO. (1991). Protein Quality Evaluation, Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation. *Food and Nutrition Paper 51*, 4-66. Recuperado el 4 de Agosto de 2016
34. FAO/WHO/UNU. (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation (WHO Technical Report Series 935)*. Recuperado el 30 de Julio de 2015, de World Health Organization: [http://www.who.int/iris/bitstream/10665/43411/http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411/1/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf](http://www.who.int/iris/bitstream/10665/43411/http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411/1/WHO_TRS_935_eng.pdf)
35. Gil Hernandez, A. (2010). *Tratado de Nutrición. Tomo II. Composicion y calidad nutritiva de los alimentos*. Madrid: Medica Panamericana.
36. Glencross, B. D. (2004). Lupins. *Aqua Feeds: Formulation & Beyond, Research Division, Department of Fisheries*, 1(2), 15.

37. Gonzales, M. (2014). *Estudio exploratorio del vegetarianismo en adultos de 20 a 50 años de edad en la ciudad de Guatemala*. Tesis para optar el grado de Licenciado en Nutrición, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias de la Salud, Guatemala.
38. Granito, M., Torres, A., & Guerra, M. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia*, 28(7), 372-379.
39. Granito, M., Valero, Y., & Zambrano, R. (2010). Desarrollo de productos horneados a base de leguminosas fermentadas y cereales destinados a la merienda escolar. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(1), 85-92.
40. Guemes-Vera, N., Martinez-Herrera, J., Hernandez-Chavez, J. F., Yanez-Fernandez, J., & Totosa, A. (2012). Comparison of Chemical Composition and Protein Digestibility, Carotenoids, Tanins and Alkaloids Content of Wild Lupinus Varieties Flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(8), 676-682.
41. Gutiérrez, D. R., Cárdenas, V. O., Alarcón, V. C., Garzón, T. J., Milán, C. J., Armienta, A. E., & Reyes, M. C. (2008). Alimento para niños preparado con harinas de maíz de calidad proteínica y garbanzo extruidos. *Interciencia*, 33(12), 868-874.
42. Higinio, R. V. (2011). *Elaboración de una mezcla instantánea de arroz (Oryza sativa), cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) y kiwicha (Amarantus caudatus) por el método de cocción extrusión*. Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, Callao.
43. Inestroza, H. B. (2003). *Desarrollo y evaluación de una bebida nutricional instantánea para niños en edad escolar*. Universidad Zamorano. Honduras: Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
44. INFOSAN. (2006). *Red Internacional de Autoridades en materia de Inocuidad de los Alimentos. Nota Informativa N° 3 – Alergias alimentarias*. Recuperado el 24 de Octubre de 2015, de Organización Mundial de la Salud: [www.who.int/foodsafety/fs\\_management/No\\_03\\_allergy\\_June06\\_sp.pdf](http://www.who.int/foodsafety/fs_management/No_03_allergy_June06_sp.pdf)
45. Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., & Sayyar, M. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97(2), 331-335.
46. Levent, H., & Nermin, B. (2011). Enrichment of gluten-free cakes with lupin (Lupinus albus L.) or buckwheat (Fagopyrum esculentum M.) flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(7), 725-728.



47. Licata, M. (2013). *Las diferencias entre los tipos de proteína: ¿de origen animal o vegetal?* Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de <http://www.zonadiet.com/nutricion/proteina-origen.htm>
48. Lozano, A. O., Solórzano, V. E., Bernal, L. I., Rebolledo, R. H., & Jacinto, H. C. (2008). "Pinole" de alto valor nutricional obtenido a partir de cereales y leguminosas. *Ra Ximhai. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 4(2), 283-294.
49. Microsoft Corporation. (2012). Microsoft Excel, (Versión 2013), [Software]. Washington, Estados Unidos.
50. Ministerio de Salud. (2009). *Bases Técnicas y Control de Calidad- Mi Sopita*. Recuperado el Octubre de 2016, de Ministerio de Salud de Chile: <http://www.minsal.cl/portal/url/item/79c4369aff3bf1cde04001011f01629c.pdf>
51. Monaci, L., Tregoat, V., van Hengel, A., & Anklam, E. (2006). Milk allergens, their characteristics and their detection in food: A review. *European Food Research and Technology*, 223-149.
52. Morón, C. (1999). Importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaria y nutrición. En A. Mujica, J. Izquierdo, J. P. Marathe, C. Morón, & S. E. Jacobsen, *Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en Base a Cultivos Andinos*. Lima, Perú.
53. Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R. (2015). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47-54.
54. Ochoa M., L., Gonzáles H., S., Morales C., J., Rocha G., N., Trancoso R., N., & Urbina M., M. (2011). Propiedades de rehidratación y funcionales de un producto en polvo a base de jugo de granada y manzana. *Ciencia@UAQ*, 4(2), 19-25.
55. Olivares, S., Margarita, A., & Isabel, Z. (1994). *Necesidades Nutricionales y Calidad de la Dieta. Manual de Autoinstrucción*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos.
56. Olmedilla, B., Farré, R., Asensio, C., & Martín, M. (2010). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Actividad Dietética*, 14(2), 72-76.
57. Oszvald, M., Tomoskozi, S., Larroque, O., Keresztényi, E., & L., F. (2008). Characterization of rice storage proteins by SE-HPLC and micro mixer. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 68-76.

58. Padron Moreno, A. (2015). *Obtención de ácidos grasos a partir de aceite de coco, soya y canola mediante hidrólisis ácida*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Químico, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, México.
59. Pajarito, P. J. (2005). *Obtención y caracterización de la harina integral de quinoa orgánica*. Tesis para optar el grado de Licenciado en Alimentos, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmaceuticas, Santiago.
60. Pilis, W., Stec, K., Zych, M., & Pilis, A. (2014). Health benefits and risk associated with adopting a vegetarian diet. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 65(1), 9-14.
61. Pownall, T. L., Udenigwe, C. C., & Aluko, R. E. (2010). Amino Acid Composition and Antioxidant Properties of Pea Seed (*Pisum sativum* L.) Enzymatic Protein Hydrolysate Fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(8), 4712-4718.
62. Rao, M. (1999). Granule size and rheological behavior of heated tapioca starch dispersions. *Carbohydrate Polymers*, 38, 123-132.
63. Repo-Carrasco V., R. (1998). *Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de Granos Andinos*. Lima, Perú.
64. Rodríguez, R., Sanhueza, J., Valenzuela, A., & Niero, S. (1997). Hidrolisis del aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) mediante enzimas estereoespecificas y sin especificidad posicional. *Grasas y Aceites*, 48(1), 6-10.
65. Rojas, S. R. (2015). *Investigación-acción en el deporte, nutrición y salud. Un experimento con dieta vegetariana (vegana) 2008-2014*. México: Kanankil.
66. Sanjurjo, P., & Ojembarrena, E. (2001). Problemática nutricional del vegetarianismo en el embarazo, la lactancia y la edad infantil. *Acta Pediátrica Española*, 11(59), 632-641.
67. Schmidt-Hebbel, H. (1981). *Avances en ciencia y tecnología de los alimentos*. Santiago de Chile.
68. Schoenlechner, R., Jurackova, K., Berghofer, E., Cauvain, S. P., Salmon, S. S., & Young, L. S. (2005). Pasta production from the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat. *Using cereal science and technology for the benefit of consumers. Proceedings of the 12th International ICC Cereal and Bread Congress*, 74-81.

69. Sumbo, A. H., & Ikujenlola, A. V. (2014). Comparison of chemical composition, functional properties and amino acids composition of quality protein maize and common maize (*Zea mays* L.). *African Journal of Food Science and Technology*, 5(3), 81-89.
70. Sundarajan, L. (2014). *Effect of extrusion cooking on the nutritional properties of amaranth, quinoa, kañiwa and lupine*. M.Sc. Thesis, University of Helsinki, Department of Food and Environmental Sciences, Finland.
71. US Department of Agriculture, A. R. (2015). *USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2015, de United States Department of Agriculture: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>
72. Vasanthan, T., Yeung, J., & Hoover, R. (2001). Dextrinization of Starch in Barley Flours with Thermostable alpha-Amylase by Extrusion Cooking. *Starch - Stärke*, 53(12), 616-622.
73. Wanyo, P., Chomnaw, C., & Siriamornpun, S. (2009). Substitution of Wheat Flour with Rice Bran in Flake Products: Effects on Chemical, Physical and Antioxidant Properties. *World Applied Sciences Journal*, 7(1), 49-56.
74. White, J. A., Hart, R. J., & Fry, J. C. (1986). An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. *The Journal of Automatic Chemistry*, 8(4), 170-177.
75. Wisniewska, M. (2010). Influences of polyacrylic acid adsorption and temperature. *Powder Technology*, 198(2), 258-266.

## IX. ANEXOS

### ANEXO 1. Planilla en Excel para formulación de mezclas

FORMULACION DE MEZCLAS ALIMENTICIAS EN BASE A PROPORCION DE ALIMENTOS									
(Método Computo Químico o Score Químico)									
	Nro	3	19	20	0				
ALIMENTO		MAIZ AMARILLO	LENTEJA	LUPINO	NO HAY ALIMENTO				
Proteína (g/ 100 g de alimento)		5.02	18.66	29.38	0				

ALIMENTOS LIBRE DE ALERGENOS (EN ESTUDIO)			
Nro	Cereal	Nro	Leguminosa
"1"	Arroz	"9"	Arveja
"3"	Maiz	"19"	Lenteja
"5"	Quinoa	"20"	Lupino

PATRON FAO (2007) 11 años	
HIST	1.60
ISOL	3.00
LEUC	6.00
LISINA	4.80
MET+CIST	2.30
FEN+TIR	4.10
TREC	2.50
TRIP	0.65
VALI	4.00

PROPORCION DE ALIMENTO EN 100 GRAMOS DE MEZCLA ALIMENTICIA

ALIMENTO	ALIMENTO (EN GRAMOS)									
	MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	MEZCLA 4	MEZCLA 5	MEZCLA 6	MEZCLA 7	MEZCLA 8	MEZCLA 9	MEZCLA 10
MAIZ AMARILLO	20.54	33	44.65	0	31.08	0				
LENTEJA	40.83	33	0	10.09	40.23	66.38				
LUPINO	38.63	34	55.35	89.91	28.69	33.62				
NO HAY ALIMENTO										
Total en la Mezcla	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0
Proteína en la Mezcla (g/ 100 g de Alimento)	20.00	17.80	18.50	28.30	17.50	22.26	---	---	---	---

VALORACION DEL CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN PROTEINAS DE LA MEZCLA

Aminoácidos Esenciales	MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	MEZCLA 4	MEZCLA 5	MEZCLA 6	MEZCLA 7	MEZCLA 8	MEZCLA 9	MEZCLA 10
HISTIDINA	2.11	2.13	1.94	1.87	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00
ISOLEUCINA	4.01	3.98	4.08	4.17	3.96	3.99	0.00	0.00	0.00	0.00
LEUCINA	7.09	7.30	7.47	6.84	7.27	6.81	0.00	0.00	0.00	0.00
LISINA	4.69	4.63	4.64	4.81	4.62	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00
MET + CIST	1.06	1.04	1.09	1.15	1.02	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00
FENIL + TIRO	6.27	6.25	6.95	7.08	6.07	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TREONINA	3.38	3.36	3.21	3.25	3.40	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00
TRIPTOFANO	0.83	0.83	0.79	0.81	0.83	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00
VALINA	3.88	3.87	3.58	3.57	3.95	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Aminoácidos	33.31	33.39	33.75	33.54	33.31	33.08	0.00	0.00	0.00	0.00

Aminoácido en menor cantidad de la mezcla	METIONINA + CISTINA	METIONINA + CISTINA	METIONINA + CISTINA	METIONINA + CISTINA	METIONINA + CISTINA	METIONINA + CISTINA	---	---	---	---
COMPUTO QUIMICO	45.98%	45.17%	47.43%	50.09%	44.55%	45.83%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
PDCAAS	36.58%	36.03%	38.41%	40.33%	35.39%	36.14%	NP	NP	NP	NP

MEJOR MEZCLA POR COMPUTO QUIMICO

MEZCLA ALIMENTICIA	MEZCLA 4	Proteína por g de Alim	Proteína (g/ 100 g de Mezcla Alimenticia)	Porcentaje (Proteína de harina/Proteína de la Mezcla)
MAIZ AMARILLO	0	0.00	28.30	0.00
LENTEJA	10.09	1.88		6.65
LUPINO	89.91	26.42		93.35
NO HAY ALIME	0	0.00		0.00
	100			

## **ANEXO 2. Cantidad de vitaminas y minerales que deben contener los alimentos para regímenes especiales**

**Tabla 41.** Cantidades de vitaminas y minerales que deben contener los alimentos para regímenes especiales.

<b>Vitaminas</b>	<b>Por cada 100 kcal</b>
Vitamina B <sub>1</sub> (μg)	40 – 300
Vitamina A (μg)	75 – 225
Vitamina D (μg)	1 – 3
Vitamina B <sub>6</sub> (μg)	45 – 175
Vitamina C (mg)	8 – 70
<b>Minerales</b>	
Hierro (mg)	0,45 – 3
Calcio (mg)	50 – 140
Fósforo (mg)	25 – 100
Magnesio (mg)	5 – 15
Zinc (mg)	0,5 – 1,5

Fuente: Reglamento Sanitario de los Alimentos (2015).

### ANEXO 3. Ficha de evaluación sensorial

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Set N°: .....**

Instrucciones:

- Lea atentamente la lámina adjunta, para comprender de qué se trata el producto que Ud. probará a continuación.
- Ud. probará tres muestras del producto, primero por separado y después en forma comparativa.
- Evalúe cada muestra, marcando con una “✓” en el lugar que corresponda.

#### PRIMERA PARTE: ACEPTABILIDAD

**Muestra N°: .....**

1. Por favor tome un sorbo de agua y después pruebe la muestra, e indique su opinión en el siguiente cuadro (solo marque un casillero).

Me gusta mucho	
Me gusta	
Me gusta moderadamente	
No me gusta ni me disgusta	
Me disgusta moderadamente	
Me disgusta	
Me disgusta mucho	

2. ¿Qué le gusto específicamente de la muestra? Por favor conteste detalladamente.

---

---

3. ¿Qué le disgusta específicamente de la muestra? Por favor conteste detalladamente.

---

---

4. ¿Qué opina de la sensación de la muestra en la boca? Marque su respuesta en el siguiente cuadro (solo marque un casillero).

Mucho más líquida de lo que me gusta	
Más líquida de lo que me gusta	
Esta justo como me gusta	
Más espesa de lo que me gusta	
Mucho más espesa de lo que me gusta	

5. Cuán de acuerdo esta con la siguiente afirmación: “Esta muestra es muy suave en la boca”. Marque su respuesta en el cuadro (solo marque un casillero).

Muy en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	
De acuerdo	
Muy de acuerdo	

Ahora por favor entregue la primera muestra y pida la segunda muestra.

**Muestra N°:** .....

1. Por favor tome un sorbo de agua y después pruebe la muestra, e indique su opinión en el siguiente cuadro (solo marque un casillero).

Me gusta mucho	
Me gusta	
Me gusta moderadamente	
No me gusta ni me disgusta	
Me disgusta moderadamente	
Me disgusta	
Me disgusta mucho	

2. ¿Qué le gusto específicamente de la muestra? Por favor conteste detalladamente.

---



---



---

3. ¿Qué le disgusto específicamente de la muestra? Por favor conteste detalladamente.

---

---

---

4. ¿Qué opina de la sensación de la muestra en la boca? Marque su respuesta en el siguiente cuadro:

Mucho más líquida de lo que me gusta	
Más líquida de lo que me gusta	
Esta justo como me gusta	
Más espesa de lo que me gusta	
Mucho más espesa de lo que me gusta	

5. Cuan de acuerdo esta con la siguiente afirmación: “Esta muestra es muy suave en la boca”. Marque su respuesta en el cuadro:

Muy en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	
De acuerdo	
Muy de acuerdo	

Ahora por favor entregue la segunda muestra y pida la tercera muestra.

**Muestra N°: .....**

1. Por favor tome un sorbo de agua y después pruebe la muestra, e indique su opinión en el siguiente cuadro. (solo marque un casillero).

Me gusta mucho	
Me gusta	
Me gusta moderadamente	
No me gusta ni me disgusta	
Me disgusta moderadamente	
Me disgusta	
Me disgusta mucho	



2. ¿Qué le gusto específicamente de la muestra? Por favor conteste detalladamente.

---

---

---

3. ¿Qué le disgusto específicamente de la muestra? Por favor conteste detalladamente.

---

---

---

4. ¿Qué opina de la sensación de la muestra en la boca? Marque su respuesta en el siguiente cuadro:

Mucho más líquida de lo que me gusta	
Más líquida de lo que me gusta	
Esta justo como me gusta	
Más espesa de lo que me gusta	
Mucho más espesa de lo que me gusta	

5. Cuan de acuerdo esta con la siguiente afirmación: “Esta muestra es muy suave en la boca”. Marque su respuesta en el cuadro:

Muy en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	
De acuerdo	
Muy de acuerdo	

Ahora por favor avise para que le entreguen las tres muestras en conjunto.

## SEGUNDA PARTE: PREFERENCIA POR ORDENAMIENTO

**Instrucción:** Tome un sorbo de agua y continúe con la evaluación.

6. Frente a usted tiene las tres muestras del producto que ya probó (\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_), ahora por favor ordénelas de mayor a menor preferencia (coloque el número de muestra en el cuadro que corresponda).

	Muestra N°
Muestra preferida	
Muestra en segundo lugar	
Muestra menos preferida	

7. Por favor indique ¿Por qué eligió la muestra que colocó en primer lugar?  
Por favor conteste detalladamente.

---



---



---

**MUCHAS GRACIAS!!!**

#### ANEXO 4. Receta opcional para preparación de la mezcla alimenticia

Encuesta de consumo:  
**ALIMENTO EN POLVO** elaborado mezclando granos de cereales y legumbres chilenas, para mejorar aporte de **PROTEÍNAS**



**25 gramos Alimento MUESTRA = 4,4 gramos de proteína**



sin azúcar  
NATURAL  
amigable vegetarianos y  
veganos

RECETA individual (opcional)  
Batido de frutas de la estación  
6 cdtas o 6 medidas (25g) Alimento polvo MUESTRA \_TERRIUM  
1/4 taza fruta fresca de estación (lavada)  
1 cdta azúcar rubia o endulzante a gusto  
3/4 taza agua + 5-6 cubos de hielo

Poner todo en batidora y licuar hasta disolver bien. Consumir y evaluar. MUCHAS GRACIAS!

libre de soya  
sin proteínas lácteas  
sin lactosa  
sin gluten

Preparar Alimento MUESTRA  
(mamadera, sopa, batido, papilla)  
llenar encuesta 3 hojas  
y enviar por email o whatsapp  
terrium@terrium.cl  
+56959258595  
MUCHAS GRACIAS!!!



**Hecho en Chile**

Somos una empresa B, una  
certificación que integra desarrollo  
económico, social y medio ambiental.

[www.terrium.cl](http://www.terrium.cl)

## ANEXO 5. Encuesta para estudio exploratorio de consumo en hogares

### ACEPTABILIDAD

A continuación se le pedirá responder unas cortas preguntas, por favor marque con el siguiente símbolo “✓” donde corresponda:

1. ¿Cuál o cuáles de los siguientes aspectos le atraen del producto?  
(Puede contestar más de una opción)

<input type="checkbox"/>	Facilidad de uso	<input type="checkbox"/>	Libre de químicos
<input type="checkbox"/>	Sabor natural	<input type="checkbox"/>	Diversas formas de uso
<input type="checkbox"/>	Libre de gluten	<input type="checkbox"/>	No me atrae ningún aspecto
<input type="checkbox"/>	Aporte de proteínas de calidad	<input type="checkbox"/>	Otro (por favor especifique)

2. De acuerdo a las alternativas siguientes ¿Qué le parece en general este producto? (Solo marque una opción)

<input type="checkbox"/>	Me gustó mucho	<input type="checkbox"/>	Me desagradó moderadamente
<input type="checkbox"/>	Me gustó	<input type="checkbox"/>	Me desagradó
<input type="checkbox"/>	Me gusto moderadamente	<input type="checkbox"/>	Me desagradó mucho
<input type="checkbox"/>	No me gusto ni me desagradó		

¿Qué le gustó específicamente del producto?

\_\_\_\_\_

¿Qué le desagradó específicamente del producto?

\_\_\_\_\_

3. ¿En qué preparaciones utilizó el producto? Incluya la receta recomendada si la preparó. (Puede marcar más de una opción)

<input type="checkbox"/>	Batido	<input type="checkbox"/>	Sopas o guisos salados
<input type="checkbox"/>	Mamadera	<input type="checkbox"/>	Para espesar sopas
<input type="checkbox"/>	Papilla	<input type="checkbox"/>	Otro (por favor especifique)
<input type="checkbox"/>	Salsas		

4. ¿Cuántas veces uso el producto? (Solo marque una opción)

<input type="checkbox"/>	Una sola vez a la semana	<input type="checkbox"/>	Más de dos veces a la semana
<input type="checkbox"/>	Dos veces a la semana	<input type="checkbox"/>	Otro (por favor especifique)

5. ¿Cuál fue la cantidad usada del producto? (Solo marque una opción)

<input type="checkbox"/>	Una porción de 25 gramos (6 cucharaditas colmadas)
<input type="checkbox"/>	Dos porciones de 25 gramos (12 cucharaditas colmadas)
<input type="checkbox"/>	Más de dos porciones (mayor a 50 gramos)
<input type="checkbox"/>	Otro cantidad (por favor especifique)

6. ¿Quiénes consumieron el producto? (Puede marcar más de una opción)

<input type="checkbox"/>	Niños entre 3 a 11 años	<input type="checkbox"/>	Personas mayores de 40 años
<input type="checkbox"/>	Niños entre 12 a 18 años	<input type="checkbox"/>	Otros (por favor especifique con edades)
<input type="checkbox"/>	Adultos entre 18 a 40 años		

7. Supongamos que este producto está a la venta en el lugar donde compra habitualmente, ¿Cuál frase refleja mejor lo que seguramente hará? (Solo marque una opción)

<input type="checkbox"/>	Definitivamente sí lo compraría
<input type="checkbox"/>	Probablemente sí lo compraría
<input type="checkbox"/>	Tal vez sí, tal vez no lo compraría
<input type="checkbox"/>	Probablemente no lo compraría
<input type="checkbox"/>	Definitivamente no lo compraría

8. ¿Dónde desearía comprar el producto? (Puede contestar más de una opción)

<input type="checkbox"/>	Supermercado
<input type="checkbox"/>	Tienda de barrio
<input type="checkbox"/>	Tienda especializada

<input type="checkbox"/>	Farmacia
<input type="checkbox"/>	Compra online con despacho
<input type="checkbox"/>	Otro (por favor especifique)

9. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este producto si estuviera a la venta en un envase de 300 gramos? Que le rinde para 6 litros de una bebida líquida o 24 mamaderas o 12 papillas (Solo marque una opción).

<input type="checkbox"/>	Entre \$ 3.500 a \$ 4.000
<input type="checkbox"/>	Entre \$ 4.500 a \$ 5.000

<input type="checkbox"/>	Entre \$ 5.000 a \$ 6.000
<input type="checkbox"/>	Otro (por favor especifique) _____

## ANEXO 6. Composición de aminoácidos esenciales de las tres mezclas seleccionadas

**Tabla 42.** Composición de aminoácidos esenciales de las tres mezclas seleccionadas y comparación con el patrón de la FAO 2007 (g/100 g de proteína).

Aminoácido esencial	Mezcla*			Patrón FAO 2007 (Mayor a los 11 años)
	A+Lu	A+Q+Lu	Q+L+Lu	
Histidina	1,88	1,92	2,12	1,60
Isoleucina	4,18	4,18	4,04	3,00
Leucina	6,95	6,98	6,84	6,00
Lisina	4,80	4,85	4,79	4,80
Metionina + Cisteína	1,14	1,12	1,07	2,30
Fenilalanina + Tirosina	7,15	7,02	6,23	4,10
Treonina	3,25	3,27	3,41	2,50
Triptófano **	0,84	0,85	0,85	0,65
Valina	3,60	3,63	3,90	4,00

\* A: arroz, M: maíz, Q: quinoa, L: lenteja, Lu: lupino dulce.

\*\* Aminoácido formulado con datos bibliográficos (Tablas 3, 4, 6 y 9).

## ANEXO 7. Resultados del análisis de varianza para evaluar diferencias entre las tres mezclas seleccionadas

**Tabla 43.** Resultados del análisis de varianza para evaluar diferencias entre las mezclas.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	56,75	33	1,72	1,17	0,2915
Mezcla	7,58	2	3,79	2,58	0,0838
Panelista	49,17	31	1,59	1,08	0,3895
Error	91,08	62	1,47		
Total	147,83	95			

**Tabla 44.** Prueba de comparación múltiple para determinar mezcla de mayor aceptación.

<b>Mezcla</b>	<b>Puntuación promedio</b>
<b>A+Q+Lu</b>	4,69 a
<b>A+Lu</b>	4,63 a
<b>Q+L+Lu</b>	4,06 a

Promedios unidos con letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre las mezclas, según el test de Tukey ( $p > 0,05$ ).



## ANEXO 8. Perfil aminoacídico de la mezcla optima

**Tabla 45.** Perfil aminoacídico de la mezcla A+Q+Lu, comparado con el patrón de la FAO 2007 (g/100 g de proteína).

<b>Aminoácidos</b>	<b>A+Q+Lu (g/100 g de proteína)</b>	<b>Patrón FAO 2007 (Mayor a los 11 años)</b>
Ac. aspártico	13,05	
Ac. glutámico	25,63	
Serina	5,10	
Glicina	4,52	
Arginina	8,72	
Alanina	3,78	
Prolina	8,56	
Histidina	1,92	1,60
Isoleucina	4,47	3,00
Leucina	7,13	6,00
Lisina	4,37	4,80
Metionina + Cisteína	0,37	2,30
Fenilalanina + Tirosina	4,31	4,10
Treonina	3,11	2,50
Triptófano	0,52	0,65
Valina	4,09	4,00

\* A: arroz, Q: quinoa, Lu: lupino dulce.